

جمهوری اسلامی ایران
ریاست جمهوری
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی

راهنمای مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها

نشریه شماره ۵۶۲

وزارت نیرو

دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا

<http://seso.moe.org.ir>

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

nezamfanni.ir

۱۳۹۰



بسمه تعالی

ریاست جمهوری
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور

شماره:	۲۰/۵۶۷۳
تاریخ:	۱۳۹۱/۱/۲۹

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران

موضوع: راهنمای مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (۶) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی - مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۵۶۲ امور نظام فنی، با عنوان «راهنمای مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.
رعایت مفاد این ضابطه برای دستگاه‌های اجرایی، مشاوران، پیمانکاران و سایر عوامل ذی‌نفع نظام فنی و اجرایی، در صورت نداشتن ضوابط معتبر بهتر، از تاریخ ۱۳۹۱/۴/۱ اجباری است.

محمد مهدی رحمتی
معاون نظارت راهبردی

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی اجرایی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر

گزارش فرمایید:

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی

Email: info@nezamfanni.ir

web: nezamfanni.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

دلناها از مهم‌ترین واحدهای ریخت‌شناسی کشور محسوب می‌شوند که تاثیر زیادی در فعالیتهای کشاورزی، استخراج معادن، مدیریت سواحل و غیره دارند. با توجه به گستره سواحل کشور در شمال و جنوب و وجود دلتاهای متعدد در آنها، مطالعه دلتاها ضرورت پیدا می‌کند. مطالعه دلتاها می‌تواند از دیدگاه‌های مختلف صورت پذیرد که تبیین چهارچوب علمی برای انجام این مطالعات در قالب یک راهنمای مطالعه از منظر ریخت‌شناسی، از اهمیت زیادی برخوردار می‌گردد.

با توجه به اهمیت مبحث فوق، امور آب وزارت نیرو در قالب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، تهیه نشریه «راهنمای مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها» را با هماهنگی امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور در دستور کار قرارداد و پس از تهیه، آن را برای تایید و ابلاغ به عوامل ذینفع نظام فنی اجرایی کشور به این معاونت ارسال نمود که پس از بررسی، براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی مصوب هیات محترم وزیران و طبق نظام فنی اجرایی کشور (مصوب ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران) تصویب و ابلاغ گردید.

بدین وسیله معاونت نظارت راهبردی از تلاش و جدیت رییس امور نظام فنی جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان محترم امور نظام فنی و نماینده مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو، جناب آقای مهندس محمد ابراهیم نیا و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید و از ایزد منان توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران را آرزومند می‌باشد.

امید است متخصصان و کارشناسان با ابراز نظرات خود درخصوص این نشریه ما را در اصلاحات بعدی یاری فرمایند.

معاون نظارت راهبردی

زمستان ۱۳۹۰

تهیه و کنترل

مجری: دانشگاه تربیت مدرس

مؤلف اصلی: منوچهر فرج‌زاده اصل دانشگاه تربیت مدرس دکترای جغرافیای طبیعی

اعضای گروه تهیه‌کننده:

سیاوش شایان	دانشگاه تربیت مدرس	دکترای جغرافیای طبیعی
مهدی شفیع‌فر	دانشگاه تربیت مدرس	دکترای سازه‌های دریایی
منوچهر فرج‌زاده اصل	دانشگاه تربیت مدرس	دکترای جغرافیای طبیعی

اعضای گروه نظارت:

محمود افسوس	شرکت مهندسين مشاور سازه‌پردازی ایران	فوق لیسانس مهندسی هیدرولیک
وحید چگینی	مرکز ملی اقیانوس‌شناسی	دکترای مهندسی سواحل و سازه‌های دریایی
نرگس دشتی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور - وزارت نیرو	لیسانس مهندسی آبیاری
محمد رستمی	پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری	دکترای مهندسی عمران - آب

اعضای گروه تایید کننده (کمیته تخصصی مهندسی رودخانه و سواحل طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور):

آقای محمود افسوس	شرکت مهندسين مشاور سازه‌پردازی ایران	فوق لیسانس مهندسی هیدرولیک
آقای محمدابراهیم بنی‌حبيب	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی عمران - آب
آقای محمدحسن چیتی	شرکت مهندسين مشاور ساز آب‌پردازان	فوق لیسانس مهندسی سازه‌های آبی
آقای فریدون خزاعی	انجمن شرکتهای ساختمانی	فوق لیسانس مهندسی راه و ساختمان
خانم نرگس دشتی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور - وزارت نیرو	لیسانس مهندسی آبیاری
آقای شکور سلطانی	شرکت مدیریت منابع آب	دکترای مهندسی آب
آقای حسن سید سراجی	دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور	دکترای مکانیک سیالات
آقای حسام فولادفر	موسسه تحقیقات آب	فوق لیسانس مهندسی هیدرولیک
آقای سید کمال الدین نوری	وزارت کشور	لیسانس مهندسی کشاورزی
آقای جبار وطن‌فدا	وزارت نیرو	فوق لیسانس مهندسی سازه‌های هیدرولیکی

اعضای گروه هدایت و راهبردی پروژه:

خشایار اسفندیاری	رییس گروه امور نظام فنی
فرزانه آقارمضانعلی	رییس گروه امور نظام فنی
ساناز سرافراز	کارشناس منابع آب امور نظام فنی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۳	فصل اول - فرآیند مطالعات
۵	۱-۱- شفاف‌سازی اهداف مطالعات ریخت‌شناسی
۵	۲-۱- الگوی انجام مطالعات فرم یا شکل دلتاها
۱۴	۳-۱- الگوی انجام مطالعات فرآیند شکل‌گیری دلتاها
۱۶	۴-۱- تهیه مدل ریخت‌شناسی
۱۷	۵-۱- خروجی‌های مورد انتظار
۱۷	۶-۱- نحوه ارزیابی دقت و صحت مطالعات
۱۷	۷-۱- نحوه پیش‌بینی تغییرات ریخت‌شناسی
۱۸	۸-۱- ملاحظات قرار دادن نقشه‌های ریخت‌شناسی تهیه شده در شبکه جهانی اینترنت
۲۰	۹-۱- نحوه تهیه نقشه‌های زمین ریخت‌شناسی دلتاها
۲۰	۱-۹-۱- تشکیل پایگاه داده جغرافیایی
۲۳	فصل دوم - تبیین موارد استفاده از مطالعات ریخت‌شناسی به عنوان ابزار مدیریت دلتاها
۲۵	۱-۲- کلیات
۲۵	۱-۱-۲- شناسایی آسیب‌پذیری سواحل
۲۵	۲-۱-۲- بسترسازی برای توسعه مطلوب کشاورزی
۲۶	۳-۱-۲- مکان‌یابی مناطق گردشگری در مناطق ساحلی
۲۶	۴-۱-۲- شناسایی اراضی سیل‌گیر در مناطق دلتایی
۲۶	۵-۱-۲- کمک به شناسایی مناطق دارای پتانسیل برداشت مصالح رودخانه‌ای
۲۶	۶-۱-۲- کمک به شناسایی مناطق دارای پتانسیل ذخایر معدنی
۲۷	پیوست ۱ - مفاهیم پایه
۴۱	پیوست ۲ - معرفی دلتاهای ایران و طبقه‌بندی ریخت‌شناسی آنها
۶۳	پیوست ۳ - روش‌ها و رویکردهای مطالعات
۶۹	پیوست ۴ - انجام مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها
۷۷	پیوست ۵ - ابزار مطالعات
۹۱	منابع و مراجع

فهرست شکل‌ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۶	شکل ۱-۱- شکل‌های مختلف دلتاها
۸	شکل ۲-۱- تصاویر ماهواره‌ای دلتای رودخانه کلرادو، مکانگ و ولگا
۹	شکل ۳-۱- تغییرات دلتای رودخانه زردچین در سال‌های ۱۹۷۹ و ۲۰۰۰
۱۰	شکل ۴-۱- تغییرات دلتای رودخانه نیف کانادا در سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۹۶
۱۱	شکل ۵-۱- تصاویر ماهواره‌ای تغییرات ریخت‌شناسی دلتای سفیدرود در طی سال‌های مختلف
۱۲	شکل ۶-۱- تهیه نقشه تغییرات دلتای رودخانه سفیدرود در طی زمان‌های مختلف
۱۳	شکل ۷-۱- تغییرات مسیر رودخانه سفیدرود در طی ادوار زمانی مختلف
۱۳	شکل ۸-۱- مرز پیشانی دلتای می‌سی‌سی‌پی در ۴۶۰۰ سال گذشته
۱۴	شکل ۹-۱- تصویر ماهواره‌ای باند ۱ (سمت راست) و باند ۵ (سمت چپ) سنجنده TM ماهواره لندست
۱۶	شکل ۱۰-۱- حالت‌های مختلف رسوب‌گذاری در انواع اصلی دلتاها
۱۶	شکل ۱۱-۱- حالت‌های مختلف رسوب‌گذاری در دلتاها براساس میزان غلظت مواد
۱۸	شکل ۱۲-۱- نحوه بررسی تحولات دلتا در طی دوره‌های زمانی مختلف
۱۹	شکل ۱۳-۱- صفحه اول وب سایت نقشه زمین ریخت‌شناسی کشور آلمان در اینترنت
۳۱	شکل پ.۱-۱- آناتومی (اندام‌شناسی) یک دلتا
۳۲	شکل پ. ۲-۱- مهم‌ترین شکل دلتاها
۳۵	شکل پ.۱-۳- انواع دلتاهای سازنده و مخرب
۳۶	شکل پ.۱-۴- ریخت‌شناسی و طبقه‌بندی دلتا برحسب اهمیت نسبی فرآیندهای رودخانه‌ای، امواج و جزر و مد
۴۴	شکل پ.۲-۱- دلتای رودخانه گرگان رود در دو مقیاس مختلف
۴۶	شکل پ.۲-۲- دلتای گهرباران در مصب رود نکا در دو مقیاس مختلف
۴۸	شکل پ.۲-۳- تصویر ماهواره‌ای دلتای سفیدرود در دو مقیاس مختلف
۴۹	شکل پ.۲-۴- تصویر ماهواره‌ای دلتای زرینه‌رود در دو مقیاس مختلف
۵۱	شکل پ.۲-۵- تصویر ماهواره‌ای دلتای رودخانه هیرمند در دو مقیاس مختلف
۵۳	شکل پ.۲-۶- تصویر ماهواره‌ای دلتای زاینده‌رود در دو مقیاس مختلف
۵۴	شکل پ.۲-۷- تصویر ماهواره‌ای دلتای رودخانه هندیجان در دو مقیاس مختلف
۵۶	شکل پ.۲-۸- دلتای میناب در دو مقیاس مختلف
۵۸	شکل پ.۲-۹- دلتاهای منطقه ساحلی دریای عمان؛ بالا (نقشه)، پایین (تصویر ماهواره‌ای)
۸۹	شکل پ.۵-۱- مراحل مدل‌سازی

فهرست جدول‌ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۳۴	جدول پ.۱-۱- اختصاصات چینه‌شناسی در سامانه‌های مختلف دلتایی

مقدمه

دلتاها به عنوان محیط‌های رسوبی خاص در مجاورت دریاها به لحاظ وجود منابع معدنی پلاسز مهم جهان مانند الماس و سایر گوهرهای گرانبها و حتی ذخایری چون سولفید نابرجا، مخازن نفت و گاز و اراضی مستعد کشاورزی، محیط‌های مناسبی را برای توسعه فعالیت‌های اقتصادی ایجاد می‌کنند که این مزیت به همراه وجود منابع آب کافی و مناسب برای انجام فعالیت‌های کشاورزی، زمینه‌های استقرار سکونتگاه‌های متعدد انسانی را نیز فراهم می‌کند. علی‌رغم وجود منابع آب و خاک مناسب در دلتاها، پدیده‌های متعددی همانند سیلاب‌های مخرب، رخداد بارش‌های سنگین، امواج شدید و سیل‌های دریایی آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهد که مطالعه ویژگی‌ها و شیوه‌های بهره‌برداری و مدیریت بهینه این مناطق را براساس اصول علمی طلب می‌کند. رسوبات موجود در منطقه دلتایی از فرسایش سنگ‌های موجود در حوضه آبریز تشکیل می‌شوند که در بررسی‌های ژئوشیمیایی اکتشافی، نقطه شروع مناسبی می‌باشد. بررسی و مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که همانند دلتاهای معروف دنیا، دلتاهای ایران نیز مایه خیر و برکت برای ساکنین آنها هستند و موجبات رونق اقتصادی را فراهم می‌کنند. از این رو بررسی همه جانبه این مناطق و به‌ویژه مطالعات ریخت‌شناسی آنها می‌تواند در شناسایی و تبیین فرآیندهای شکل‌زا و چگونگی اثر آنها بر روی تحول محیط‌های دلتایی از اهمیت و جایگاه خاصی برخوردار باشد و به مدیریت این مناطق در حوزه‌های فعالیت مختلف کمک کند. به طور کلی دلتاها از نظر ابعاد زیر دارای اهمیت اقتصادی زیادی هستند [۳۷]:

- توسعه ساخت و ساز در اراضی دلتایی

به علت این که این اراضی در معرض خطر زمین لغزش و یا سایر خطرات زمین‌شناسی نیستند، برای همه نوع فعالیت سازه‌ای مناسبند.

- دلتاها به عنوان معادن شن و ماسه

وجود منابع شن و ماسه لازمه هر نوع کار عمرانی است که در این زمینه دلتاها می‌توانند منابع سرشاری را در اختیار قرار دهند. مقدار این مواد در هر دلتا نسبت به دلتای دیگر متفاوت است. منابع شن عمدتاً در قسمت فوقانی یک دلتا یافت می‌شوند. دلتاها به عنوان مناطق مسطح و یا با شیب ملایمی هستند که استخراج شن و ماسه از آنها به سهولت امکان‌پذیر است [۳۸].

- دلتاها به عنوان تامین کننده آب زیرزمینی مورد نیاز

بیش‌تر دلتاها تا زیر سطح آب زیرزمینی توسعه پیدا می‌کنند و از این رو نهشته‌های عمیق‌تر از آب زیرزمینی، اشباع است. دلتاها به تنهایی می‌توانند به عنوان یک آبخوان^۱ با بار زیاد قلمداد شوند و ممکن است به عنوان منبع تغذیه برای استخرها و دریاچه‌های مجاور عمل نمایند.

- دلتاها به عنوان تامین کننده اراضی کشاورزی

به دلیل حاصل‌خیزی اراضی دلتایی، این مناطق برای انجام فعالیت‌های کشاورزی بسیار مناسب هستند و با توجه به وجود منابع آب کافی برای انجام فعالیت‌های کشاورزی، مزیت آنها را دوچندان کرده است.

- دلتاها به عنوان مدرک بررسی تاریخ گذشته

لایه‌های مختلف نهشته‌گذاری شده در دلتاها منبع بسیار با ارزشی برای بررسی تاریخ گذشته همان منطقه به شمار می‌رود و با حفر ترانشه‌های مختلف می‌توان به وضعیت آب و هوا، پوشش گیاهی و جریان‌های رودخانه‌ای در گذشته پرداخت و بدین ترتیب تاریخ آن سرزمین را از دیدگاه‌های مختلف مطالعه نمود.

- هدف

به طور کلی هدف از تدوین این راهنما را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

- تبیین اصول کلی مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها
- شناسایی و معرفی انواع ابزارهای مطالعه ریخت‌شناسی دلتاها
- بررسی و معرفی دلتاهای مهم ایران به همراه ویژگی‌های هریک از آنها
- تبیین ملاحظات ریخت‌شناسی در مدیریت دلتاها

• مشکلات و تنگناها

در بررسی و مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها همانند مطالعه سایر موضوعات ریخت‌شناسی ساحلی مشکلات متعددی از جمله دسترسی به داده‌های اندازه‌گیری مناسب، دسترسی به نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی با مقیاس مناسب برای مطالعه دلتاها، عدم وجود داده‌های تاریخی منظم تصاویر ماهواره‌ای برای مطالعه تحول دلتاها وجود دارد که به تناسب هریک از این نوع مشکلات، محدودیت‌هایی از نظر شیوه و چگونگی انجام مطالعه ایجاد می‌شود.

- دامنه کاربرد

راهنمای حاضر سعی نموده است ابعاد مختلف مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها را مطرح کند که محققین براساس نیاز، چارچوب کاری خود را در رابطه با مقیاس مطالعه، مشخص و به کار گیرند، لذا دامنه کاربرد این راهنما با توجه به دقت و نیاز مطالعاتی متفاوت بوده و محققین بر حسب شرایط مطالعه، می‌توانند زوایای خاص آن را براساس این راهنما تعیین و مد نظر قرار دهند.

فصل ۱

فرآیند مطالعات

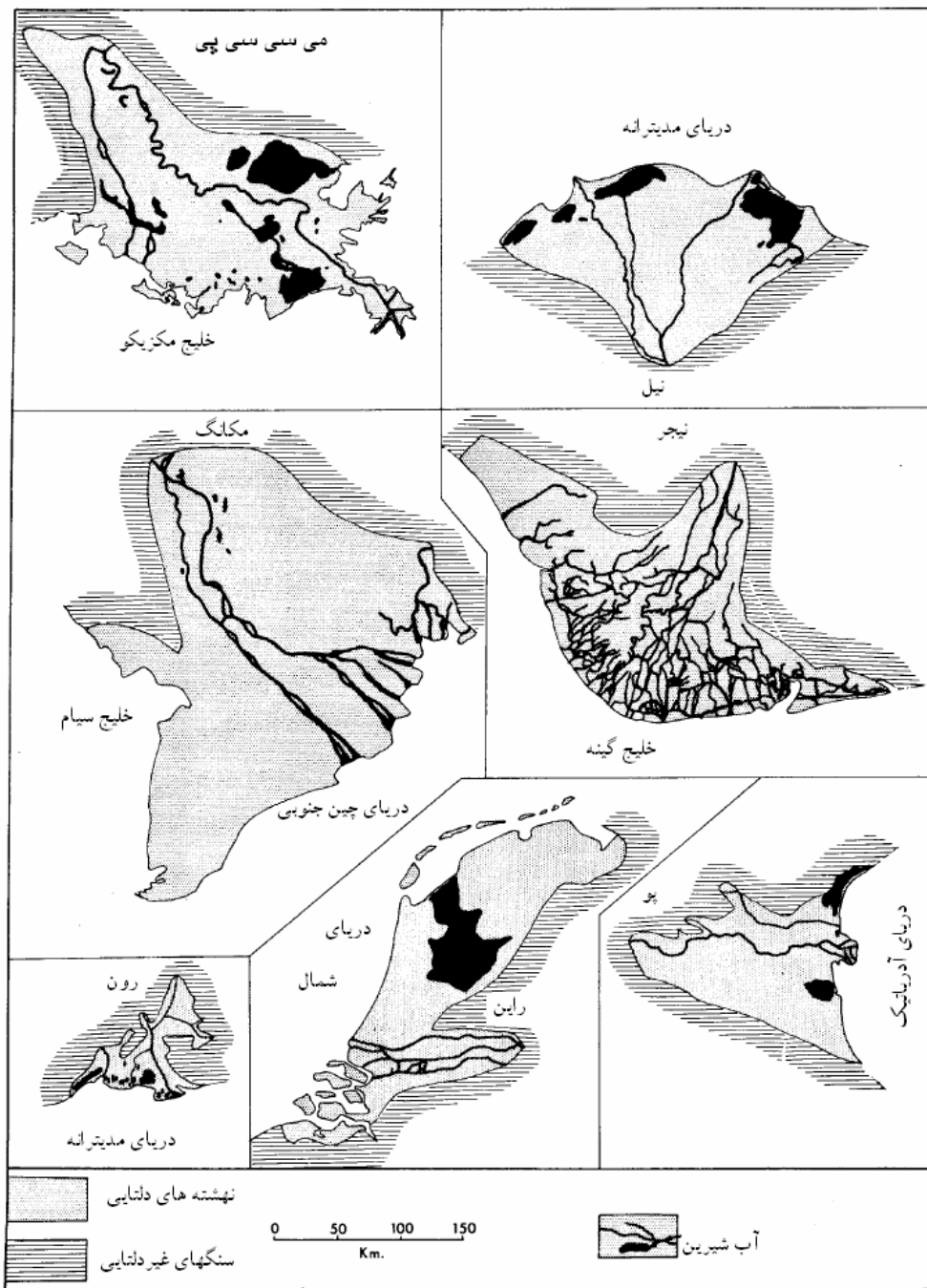
۱-۱- شفاف‌سازی اهداف مطالعات ریخت‌شناسی

ریخت‌شناسی به مفهوم بررسی شکل دلتا و تحولات آن در طی زمان گذشته و پیش‌بینی چگونگی تغییرات آن در آینده است. به این ترتیب تبیین فرم و فرآیند، دو هدف اصلی مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها محسوب می‌شود که با اتکا به ابزارهای مختلف به شرح زیر صورت می‌گیرد:

۱-۲- الگوی انجام مطالعات فرم یا شکل دلتاها

همان‌طور که در مطالب پیشین ذکر شد فرم یک دلتا از مظاهر اصلی برای طبقه‌بندی دلتاها محسوب می‌شود. هرچند که همه دلتاها از شکل مثلثی خاصی برخوردار هستند ولی جزئیات متفاوتی را نشان می‌دهند. در شکل (۱-۱) شکل فعلی دلتاهای معرف جهان نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل‌ها مشخص است هر یک از دلتاها از شکل‌های متفاوتی برخوردار هستند. برای مثال دلتای رودخانه نیل در مصر، دارای شکل مدور است، درحالی‌که دلتای رودخانه می‌سی‌سی‌پی امریکا، دارای حالت نوک تیز می‌باشد. دلتای نیجر در شکل مذکور نیز از حالت مدور برخوردار است ولی تفاوت آن با دلتای نیل وجود شعبات مهم رودخانه‌ای در آن است که هر یک از آنها وظیفه انتقال رسوب را انجام می‌دهند. حالت‌های دیگری در شکل دلتای مکانگ، پو، راین و رون که در شکل نشان داده است قابل مشاهده می‌باشد.

برای شناسایی شکل دلتاها مهم‌ترین ابزار، داده‌های سنجش از دور می‌باشد و همان‌طور که در بخش ابزارهای مطالعه گفته شد تکنیک‌های سنجش از دور به دو روش تفسیر بصری و تفسیر یا پردازش رقومی می‌تواند برای مطالعه دلتاها به کار گرفته شود. در تفسیر چشمی، عکس‌های هوایی و یا تصاویر ماهواره‌ای چاپ شده با استفاده از کلیدهای تفسیر همچون تون رنگ، بافت، شکل و اندازه مورد تفسیر قرار گرفته و محدوده دلتا و عوارض روی آن بر روی کاغذ کالک پیاده می‌شود.

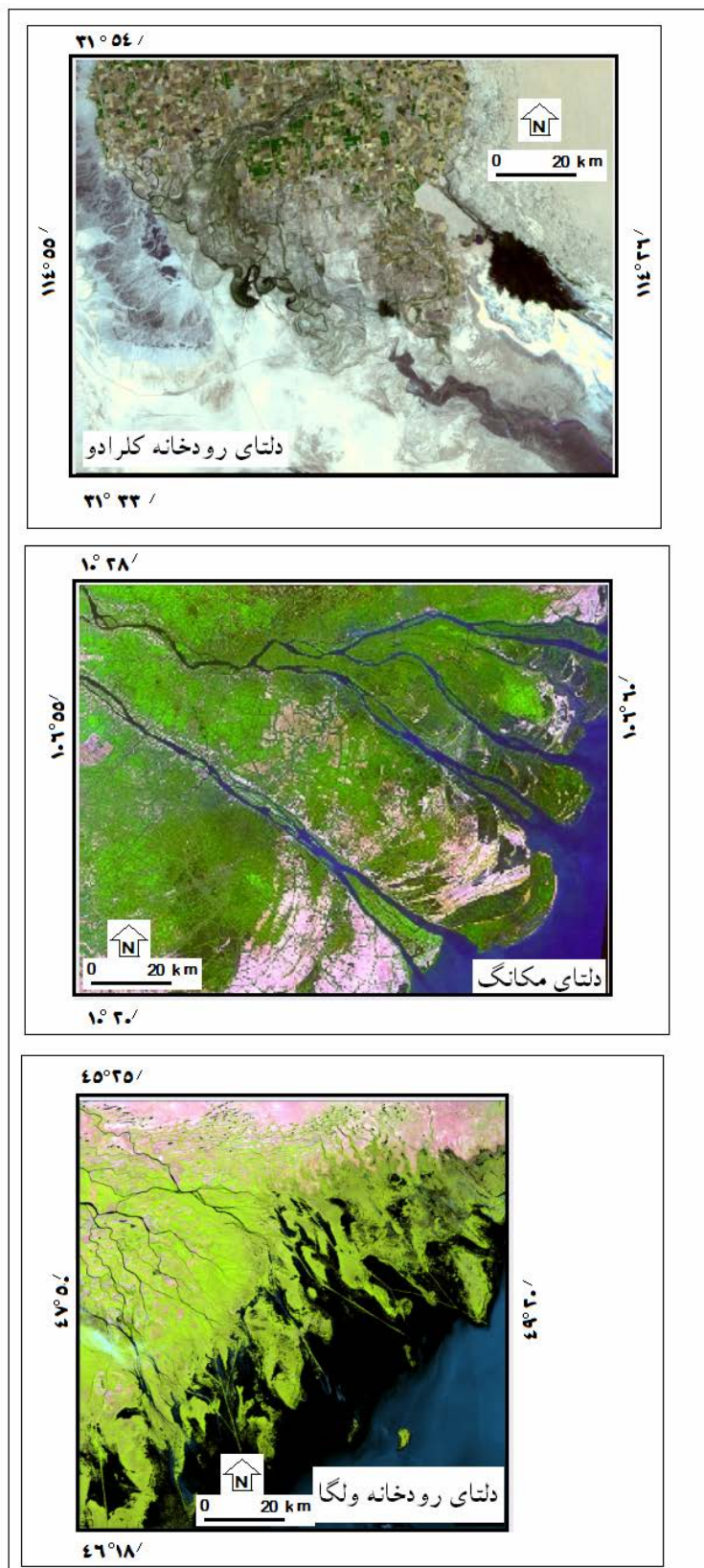


شکل ۱-۱- شکل‌های مختلف دلتاها [۳۵]

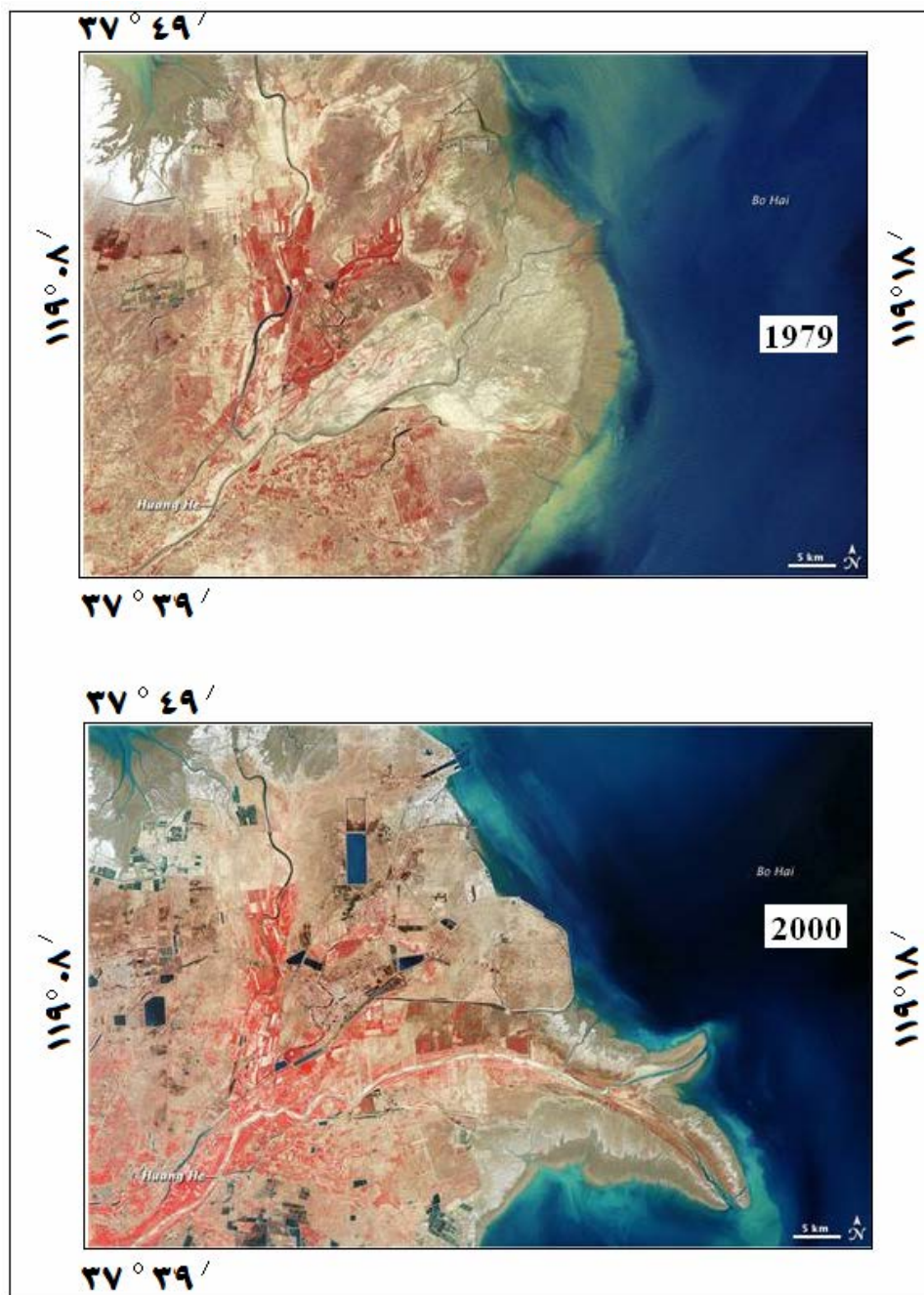
شکل (۱-۲) نشان دهنده تصاویر ماهواره‌ای دلتاهای رودخانه کلرادو، مکانگ و ولگا می‌باشد. همان‌طور که شکل‌های مذکور نشان می‌دهد اطلاعات بسیار باارزشی از طریق این تصاویر قابل دستیابی است که مهم‌ترین آنها شکل یا فرم دلتا می‌باشد. هر یک از شکل‌های مشاهده شده در دلتاها، بیانگر رژیم رسوبی، رژیم جزر و مدی، رژیم هیدرولوژیکی و سایر موضوعات می‌باشد. علاوه بر این تصاویر ماهواره‌ای بیانگر خصوصیات کاربری زمین نیز می‌باشد که از روی تصاویر قابل بررسی و نقشه‌کشی می‌باشد که در موضوعات مختلف تحلیل شرایط دلتاها حایز اهمیت است.

از موضوعات مهم دیگر در بررسی شکل دلتاها، بررسی تغییرات ریخت‌شناسی آنها در بستر زمان می‌باشد. برای بررسی تغییرات در شکل دلتا لازم است چندین عکس با زمان‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته و روند تغییرات دلتا در دوره‌های زمانی تهیه شود. از بررسی شکل تغییرات انجام شده می‌توان روند تغییرات و چگونگی آن را تفسیر و استنباط نمود و بدین طریق وضعیت آتی را برآورد کرد.

برای مثال شکل (۱-۳) نشان دهنده تصویر ماهواره‌ای رودخانه زرد چین در سال‌های ۱۹۷۹ و ۲۰۰۰ می‌باشد. مقایسه تصویر سال ۱۹۷۹ با سال ۲۰۰۰ نشان دهنده افزایش اراضی و کاهش کم پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۰ است. همان‌طور که از مقایسه تصاویر ملاحظه می‌شود بیش‌ترین اختلاف دو تصویر، در شکل خطوط ساحلی است. وارد شدن حجم انبوهی از رسوبات رودخانه زرد، دلتای آن را به شکل یک لنگر بزرگ توسعه داده است. بدین ترتیب فرآیند ایجاد دلتا، چندین صد کیلومتر مربع را به خاک چین افزوده است.



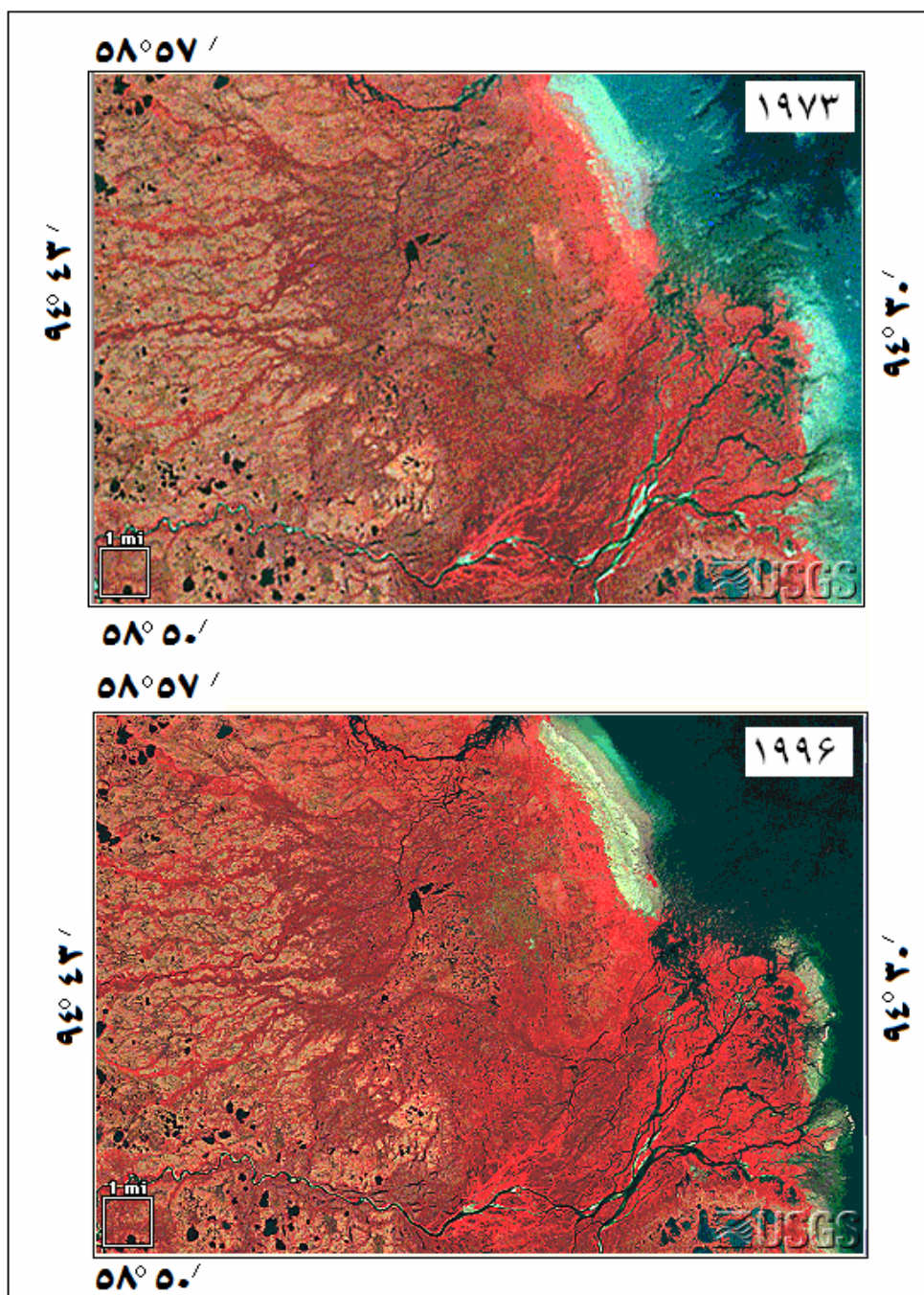
شکل ۱-۲- تصاویر ماهواره‌ای دلتای رودخانه کلرادو، مکانگ و ولگا [۴۳ و ۴۷]



شکل ۱-۳- تغییرات دلتای رودخانه زردچین در سال‌های ۱۹۷۹ و ۲۰۰۰ [۴۸]

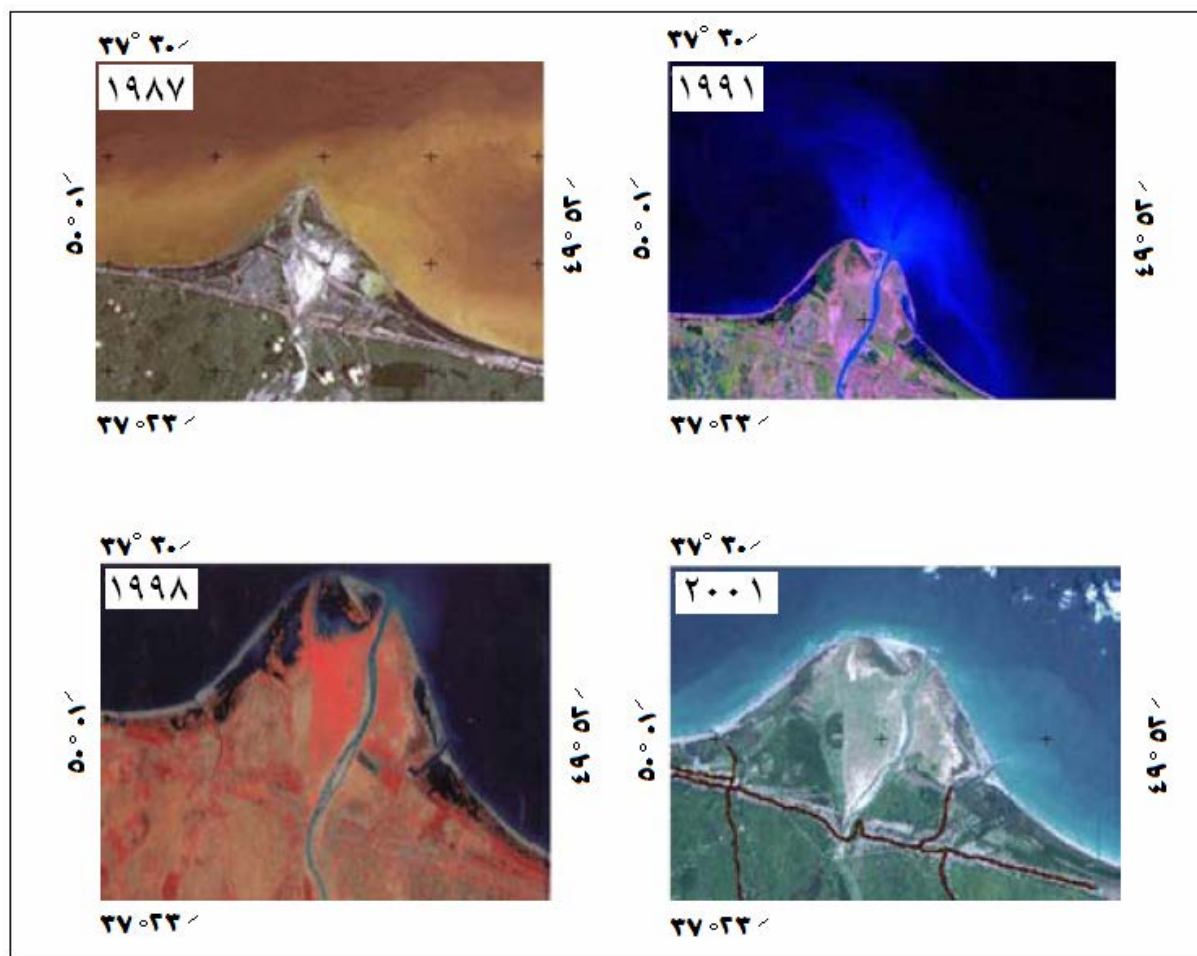
شکل (۱-۴) نشان دهنده دلتای رودخانه نایف^۱ کانادا مربوط به سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۹۶ می‌باشد. این تصاویر ضمن نشان دادن تغییرات ریخت‌شناسی دلتا بیانگر تغییرات پوشش گیاهی در نواحی ساحلی بندر هادسون^۲ در کانادای مرکزی می‌باشد. در این تصویر پوشش گیاهی با استفاده از فنون پردازش رقومی تصاویر به رنگ قرمز نمایش داده شده است.

1- Knife
2- Hudson



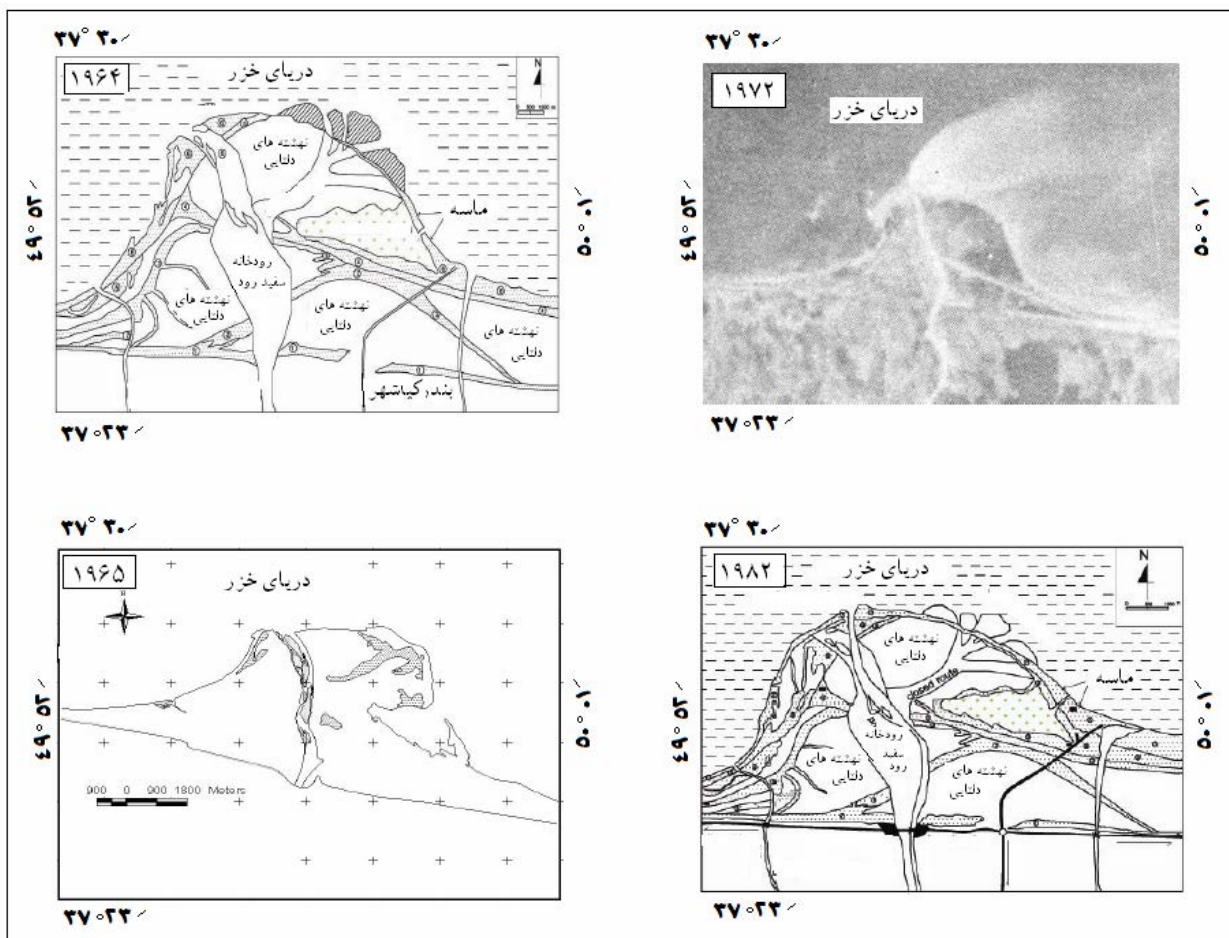
شکل ۱-۴- تغییرات دلتای رودخانه نایف کانادا در سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۹۶ [۴۴]

شکل (۵-۱) نشان دهنده تصویر ماهواره‌ای دلتای سفیدرود برای سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۹۱، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۱ می‌باشد. در شکل‌های مذکور تغییرات میزان رسوب‌گذاری در تاریخ‌های یاد شده قابل بررسی می‌باشد و از این طریق بررسی تغییرات رخ داده در دلتای سفیدرود از طریق تصاویر ماهواره‌ای امکان‌پذیر است.



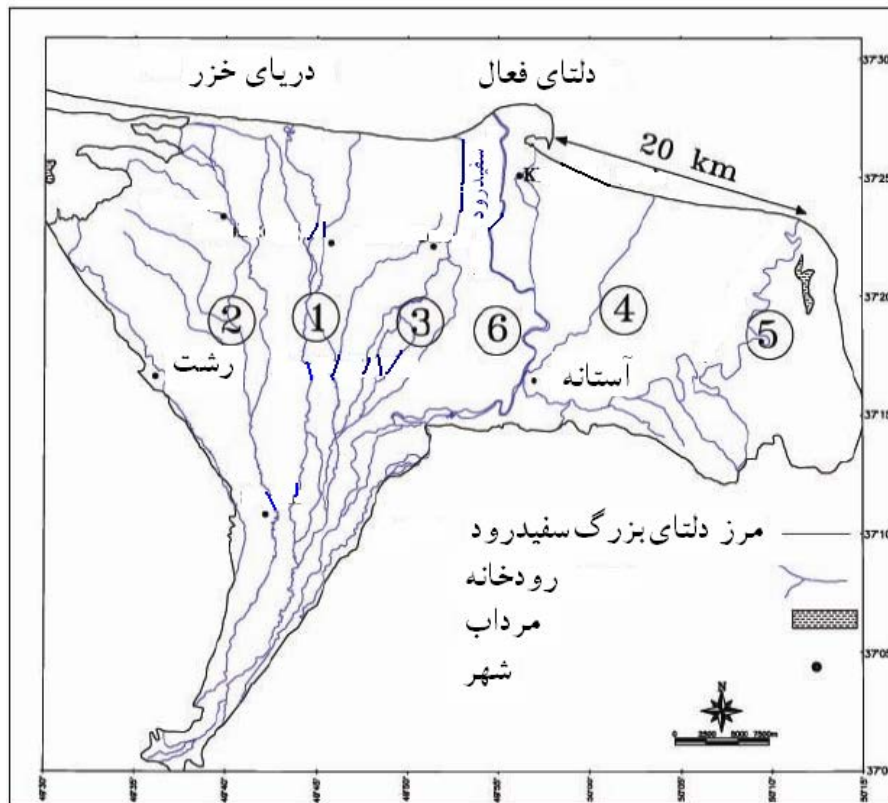
شکل ۱-۵- تصاویر ماهواره‌ای تغییرات ریخت‌شناسی دلتای سفیدرود در طی سال‌های مختلف [۳۱]

پس از تهیه تصاویر و بررسی تغییرات رخ داده در شکل دلتا، تهیه نقشه تغییرات امکان‌پذیر خواهد بود که به وسیله آن می‌توان عوامل تاثیرگذار در شکل دلتا را تحلیل نمود. نمونه‌ای از این نقشه‌ها که برای دلتای رودخانه سفیدرود تهیه شده است در شکل (۱-۶) ارائه گردیده است. شکل‌های مذکور بیانگر تغییرات وسیع در نهشته‌گذاری دلتایی است که پیرو آن می‌تواند پیشروی دلتا را موجب شود.

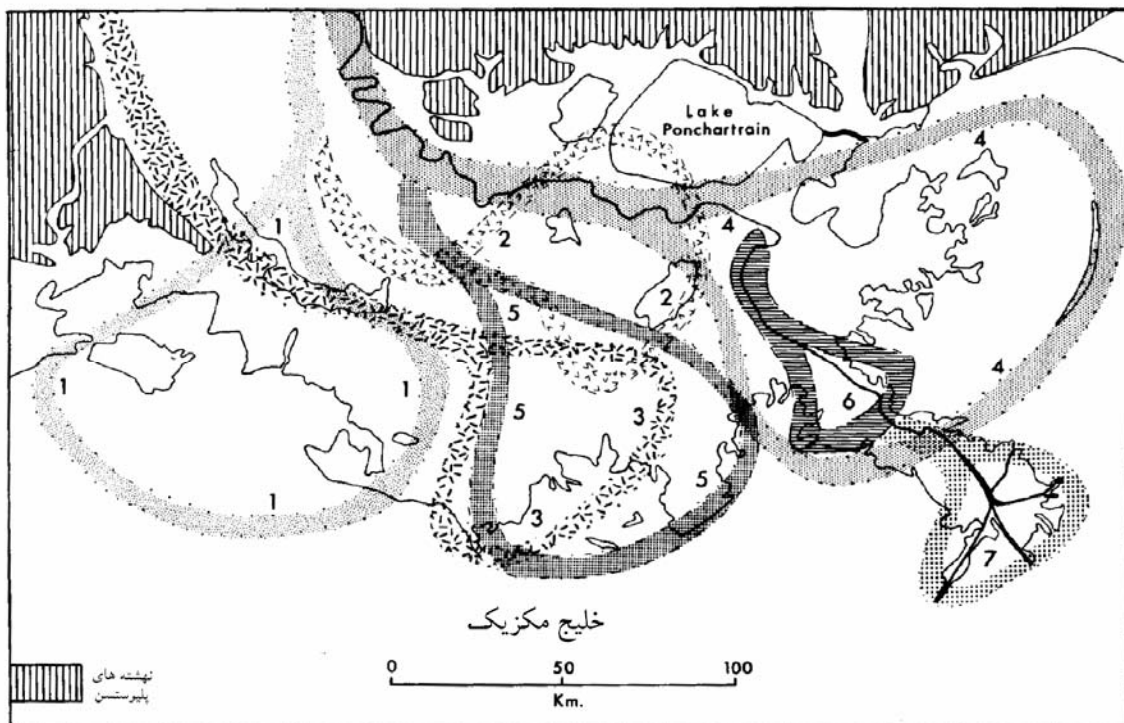


شکل ۱-۶- تهیه نقشه تغییرات دلتای رودخانه سفیدرود در طی زمان‌های مختلف [۳۱]

علاوه بر بررسی تغییرات ریخت‌شناسی دلتاها در کوتاه مدت، امکان بررسی تغییرات مسیر رودخانه‌هایی که ایجاد کننده دلتا می‌باشد از طریق تصاویر ماهواره‌ای امکان‌پذیر است. به‌طور مثال شکل (۱-۷) نشان دهنده تغییرات بستر رودخانه سفیدرود در طی شش مرحله است که در نهایت باعث گردیده بستر رودخانه از قسمت‌های غربی به قسمت‌های شرقی انتقال یافته و در انتها نیز به بخش‌های مرکزی جلگه گیلان انتقال پیدا کند. شکل (۱-۸) نیز نشان دهنده تغییرات بلندمدت دلتای می‌سی‌سی‌پی در طی ۴۶۰۰ سال گذشته می‌باشد. همان‌طور که از شکل مشهود است این تغییرات بسیار گسترده بوده و چندین بار پیشانی دلتا دچار تغییر شده است.

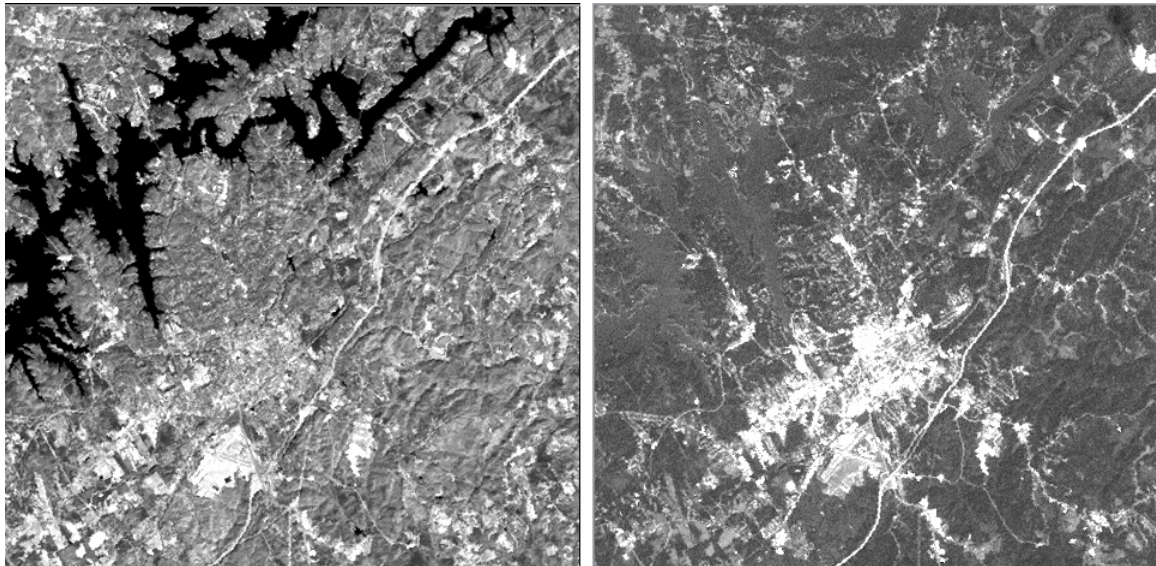


شکل ۱-۷- تغییرات مسیر رودخانه سفیدرود در طی ادوار زمانی مختلف [۳۱]



شکل ۱-۸- مرز پیشانی دلتای می‌سی‌سی‌پی در ۴۶۰۰ سال گذشته (۱ بیش‌تر از ۴۶۰۰ سال ق م، ۲) ۳۵۰۰-۴۶۰۰ ق م، (۳) ۲۸۰۰-۳۵۰۰ ق م، (۴) ۱۰۰۰-۲۸۰۰ ق م، (۵) ۳۰۰-۱۰۰۰ ق م، (۶) ۶-۷۵۰ ق م، (۷) قرن پنجم تا حال [۳۵]

علاوه بر روش تفسیر بصری برای شناسایی و تفسیر شکل ریخت‌شناسی دلتاها، روش پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای به عنوان یک روش نو، امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد که توضیحات مربوط به چگونگی پردازش داده‌های رقومی در قسمت‌های قبلی این راهنما ذکر گردید. در تفسیر رقومی برای تهیه نقشه فرم دلتا لازم است داده‌های با قدرت تفکیک مکانی مناسب جمع‌آوری گردد. تصاویر سنجنده TM یا ETM ماهواره لندست با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر برای این منظور بسیار مناسب می‌باشد. این سنجنده‌ها دارای باندهای مختلفی می‌باشد که هر یک از آنها دارای کاربردهای خاص خود می‌باشد. به منظور تهیه شکل دلتا لازم است باندهایی که در آنها اختلاف بین خشکی و آب بسیار زیاد می‌باشد انتخاب گردد و باندهای مادون قرمز مانند باند ۵ سنجنده یاد شده که در آنها بازتاب سطوح آبی به حداقل کاهش می‌یابد می‌تواند مرز واقعی دلتا را مشخص نماید و اندازه‌گیری ویژگی‌های هندسی مانند مساحت و محیط را نیز امکان‌پذیر می‌سازد. برای مثال اختلاف بازتابی بین خشکی و آب در شکل (۱-۹) نشان داده شده است. در شکل مذکور تصویر سمت راست نشان دهنده باند ۱ سنجنده TM ماهواره لندست است که در آن، سطوح آبی به هیچ وجه قابل شناسایی نبوده؛ در حالی که در تصویر سمت چپ که مربوط به باند ۵ سنجنده مذکور در محدود مادون قرمز می‌باشد مرز بین خشکی و سطوح آبی قابل تفکیک بوده و می‌تواند برای تهیه نقشه سطوح آبی و تغییرات آن مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۱-۹- تصویر ماهواره‌ای باند ۱ (سمت راست) و باند ۵ (سمت چپ) سنجنده TM ماهواره لندست [پردازش توسط نگارندگان]

فنون دیگری در پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای موجود می‌باشد که از طریق آنها می‌توان اختلافات و تغییرات رخ داده در دلتاها را با استفاده از رایانه‌ها شناسایی نمود. از جمله مهم‌ترین فنون مورد استفاده در این زمینه تفریق تصاویر از هم می‌باشد که از این طریق مناطق دارای تغییرات قابل شناسایی است.

۱-۳- الگوی انجام مطالعات فرآیند شکل‌گیری دلتاها

همان‌طور که در قسمت‌های قبلی گفته شد دلتا تحت تاثیر فرآیندهای مختلف از شکل‌های متفاوتی برخوردار هستند که این شکل‌ها از زوایای مختلف قابل بررسی است. شکل (۱-۱۰) نشان دهنده شکل‌های مختلف برخی از دلتاها می‌باشد که تحت تاثیر فرآیندهای مختلف نهشته‌گذاری شکل گرفته و شکل خاصی را ایجاد نموده‌اند.

در الگوی نوع اول که دلتا به صورت نوک تیز می‌باشد ناهمواری‌های ماسه‌ای متشکل از ماسه‌های ریز و گل‌ها در مجاورت دریا شکل می‌گیرد. در این نوع دلتا فرآیند فرسایش امواج بر توزیع رسوب دهانه رودخانه غلبه دارد و چنین شکلی را ایجاد می‌کند. در نوع مدور یا گرد که رودخانه سازنده دلتا در ساحل است اما عمل امواج در توزیع مجدد رسوب در امتداد موانع ساحلی موثر است. در نوع بریده بریده فرآیند جریان‌های جزر و مدی، جزایر ماسه‌ای متعددی را ایجاد می‌کند که توسط کانال‌های جزر و مدی در امتداد پیشانی دلتا از همدیگر تفکیک می‌شوند. در نوع باریک و یا انگشتی که میزان آبرفت بسیار زیاد است، رودخانه، دلتا را در دریا ایجاد می‌کند و عمل امواج در آن محدود است.

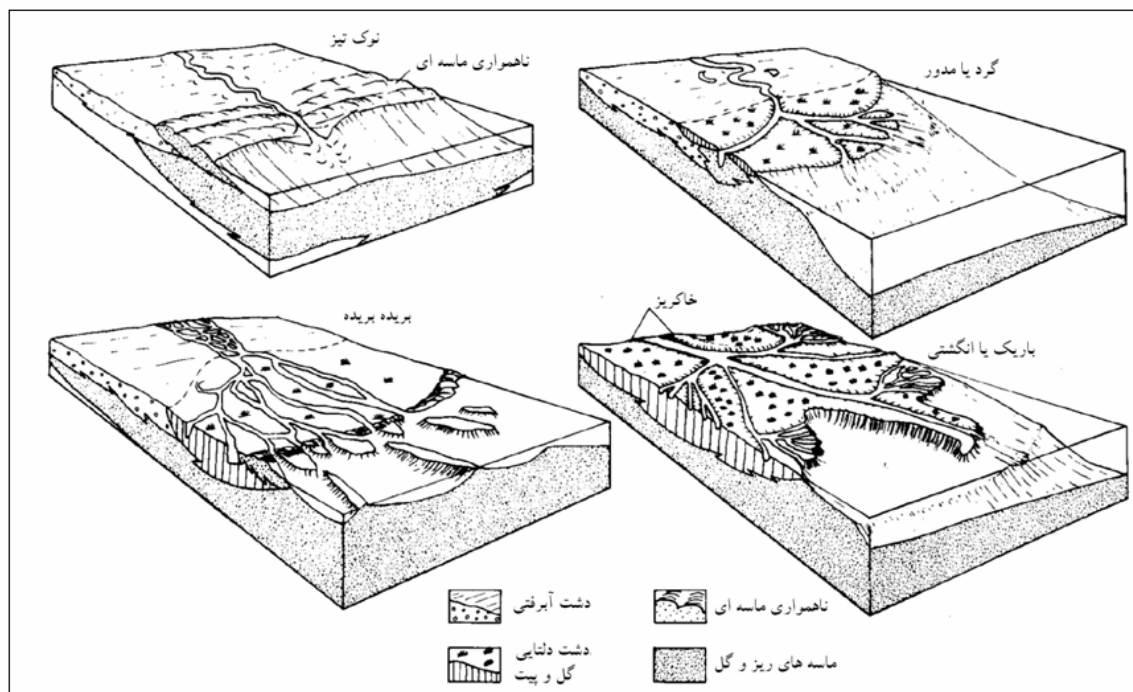
با توجه به موارد فوق، مطالعه نوع فرآیندهای به جاگذاری نهشته در منطقه دلتا دارای اهمیت زیادی است و حداقل شش گروه از متغیرهای تاثیرگذار زیر در شکل‌گیری دلتا قابل بررسی است [۳۵]:

- ورودی رسوب به وسیله اندازه، آب و هوا و ناهمواری حوضه آبریز، مهار می‌شود. حوضه‌های بزرگ با ناهمواری زیاد و آب و هوای مرطوب، مهار کننده جریان‌های آب و رسوب زیاد است.
 - ماهیت نهشته‌های دلتا شدیداً به وسیله غلظت آب دریا یا دریاچه تاثیر می‌پذیرد.
 - امواج، جریان‌های دریایی و جزر و مد بر توزیع مجدد رسوب تاثیر می‌گذارند.
 - عمق آب در جایی که دلتا در حال توسعه است در میزان توسعه پیشانی دلتا و انرژی امواج قابل دسترس برای حمل رسوب تاثیر می‌گذارد.
 - وزن نهشته‌های دلتا روی میزان فشرده شده و میزان فرو رفتن نهشته‌ها تاثیر می‌گذارد.
 - ساختار حوضه نهشته‌گذاری در دوره تداوم پایداری و زمین‌شناسی دلتا تاثیر می‌گذارد.
- در شرایطی که یک رودخانه دارای رسوب به یک دریاچه یا دریا می‌ریزد، اختلاط رودخانه با آب دریاچه یا دریا شدیداً سرعت جریان را کاهش داده و ممکن است نهشته‌گذاری بار بستر سریعاً اتفاق افتد، درحالی‌که بار معلق به‌طور وسیعی با میزان غلظت‌های نسبی سیالات و به‌وسیله عمل امواج مهار می‌شود.
- به‌طور طبیعی آب رودخانه شیرین، روی آب شور به صورت جریان سطحی^۱ گسترش می‌یابد (شکل ۱-۱۱-الف). اختلاط و تجمع^۲ در حد فاصل بین دو ماده آبی مختلف صورت می‌گیرد و رسوب تجمع یافته ممکن است قبل از آن‌که بتواند به جا گذاشته شود به داخل دریا حمل شود.
- جایی که رودخانه به دریاچه آب شیرین می‌ریزد، اختلاط به آسانی رخ داده و یک جریان محوری^۳ با وسعت محدود شکل می‌گیرد (شکل ۱-۱۱-ب). نهشته‌گذاری در این حالت به‌طور کامل بوده و دلتای دریاچه‌ای با بستر متمایز روی بستر قبلی شکل می‌گیرد.
- در شرایط نادر که رودخانه با جریان خیلی سرد به داخل دریاچه گرم‌تر می‌ریزد، شکل جریان به صورت صفحه‌ای بوده و جریان با گل‌آلودگی زیاد تولید می‌کند که مواد را به داخل اعماق دریاچه انتقال می‌دهد.

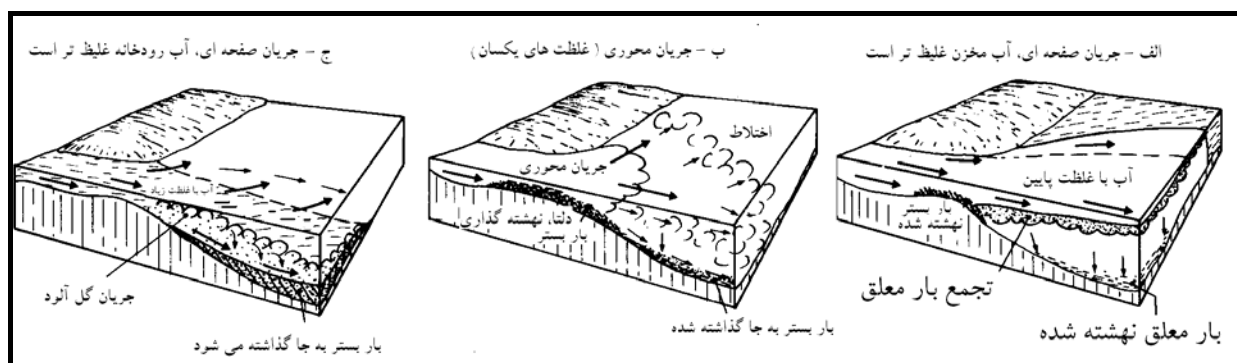
1- Plane jet

2- Flocculation

3- Axial Jet



شکل ۱-۱۰- حالت‌های مختلف رسوب‌گذاری در انواع اصلی دلتاها [۳۵]



شکل ۱-۱۱- حالت‌های مختلف رسوب‌گذاری در دلتاها براساس میزان غلظت مواد [۳۵]

۱-۴- تهیه مدل ریخت‌شناسی

مدل‌های ریخت‌شناسی از مهم‌ترین مواردی است که قبل از انجام مطالعه و تهیه نقشه ریخت‌شناسی مدنظر قرار گیرد. در این مدل رویکرد تهیه نقشه، داده‌های ورودی مورد نیاز، شیوه تلفیق و خروجی‌های مورد نظر مشخص و ارائه می‌گردد. در واقع تهیه مدل‌های مذکور به عنوان راهنمای پایه برای تهیه نقشه مذکور می‌باشد که می‌تواند روند انجام تغییرات و دوره زمانی آن را نیز بر روی آن مشخص نمود.

۱-۵- خروجی‌های مورد انتظار

مهم‌ترین خروجی مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها ارائه نقشه‌های ریخت‌شناسی می‌باشد که می‌تواند مورد استفاده متخصصین مختلف قرار گیرد. به همراه نقشه‌های مذکور تحلیل کمی و تحلیل‌های کیفی می‌تواند صورت گیرد. در تحلیل‌های کمی اندازه‌گیری‌های صورت گرفته در روی شکل دلتا از نظر مساحت، محیط و سایر ویژگی‌های هندسی استخراج و مورد بررسی قرار می‌گیرد. محاسبه بیلان هیدرولوژیک و بیلان رسوب شریان‌های انتقال جریان به دریا و یا دریاچه از جمله خروجی‌های کمی مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها می‌باشد. تحلیل و تفسیر کمی تغییرات به صورت ماهیانه و سالیانه و عوامل حاکم بر این نوع تغییرات از جمله خروجی‌های این مطالعات محسوب می‌شود. در تحلیل‌های کیفی تفسیر ارقام با توجه به جمع‌آوری اطلاعات مختلف صورت گرفته و به صورت کیفی عوامل اصلی موثر بر تغییرات و نوع آن مشخص و ارائه می‌گردد.

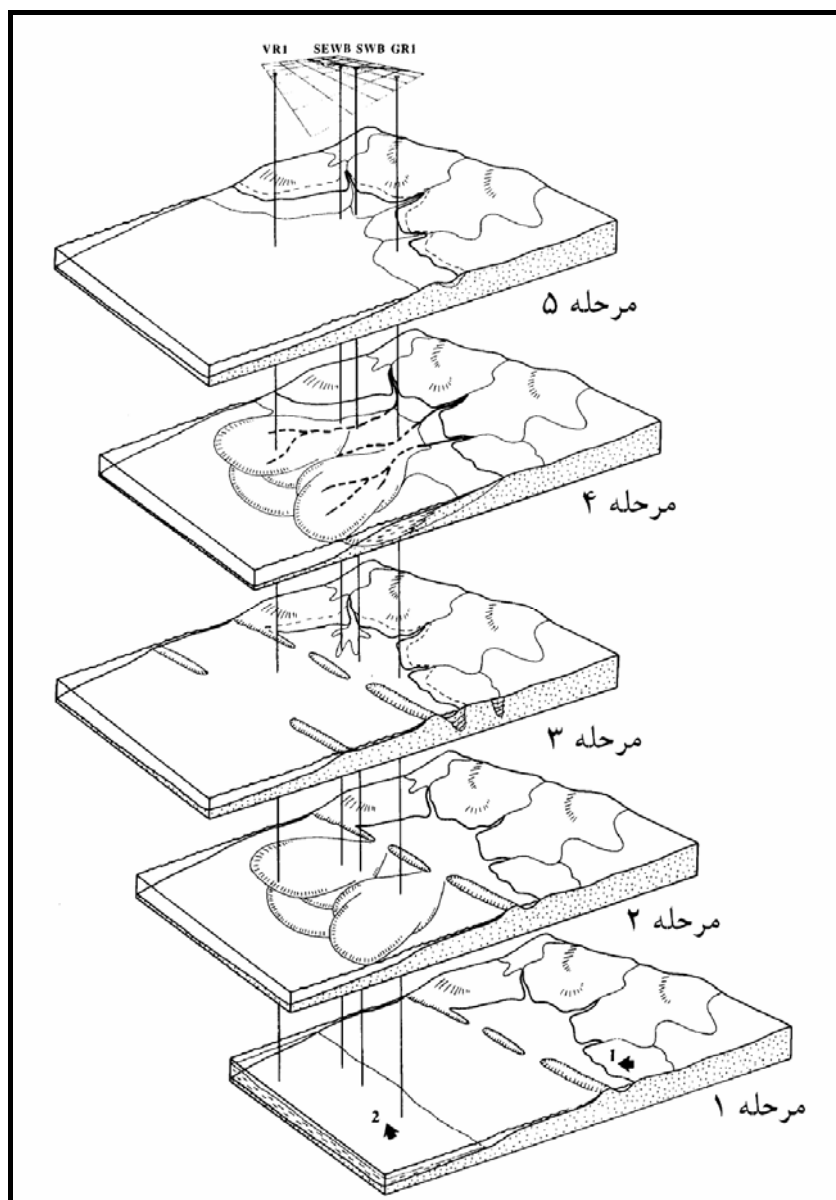
آزمون سناریوها و یا گزینه‌های مختلف در شرایط حمل رسوب به صورت بار بستر و یا بار معلق در جریان‌های اصلی منطقه و تاثیر آن بر ریخت‌شناسی دلتاها از جمله مواردی است که از طریق به‌کارگیری مدل‌های رودخانه‌ای رایانه‌ای یا اصطلاحاً مدل‌سازی عددی امکان‌پذیر است [۵]. از طرف دیگر در این مدل‌سازی‌ها، توجه به اثرهای جریان‌های دریایی، امواج و نیروهای جزر و مدی در ریخت‌شناسی دلتاها از طریق مدل‌های رایانه‌ای نتایج بارزتری را در اختیار کاربران مختلف قرار می‌دهد.

۱-۶- نحوه ارزیابی دقت و صحت مطالعات

مهم‌ترین شیوه ارزیابی دقت و صحت مطالعات انجام مطالعات میدانی است. با توجه به مشکل بودن انجام مطالعات میدانی و هزینه و زمانبر بودن آن می‌توان از روش بررسی چگونگی انطباق نقشه تهیه شده با سایر نقشه‌های موضوعی تهیه شده از همان منطقه استفاده نمود. از جمله این نقشه‌ها می‌توان به نقشه‌های پوشش گیاهی و نقشه‌های خاک‌شناسی اشاره نمود که می‌باید نتایج حاصل شده و نمایش داده شده روی نقشه‌ها، تاییدکننده همدیگر باشد و در صورت وجود تناقض، احتمال وجود خطا در یکی از نقشه‌ها می‌باشد که باید شناسایی و برطرف گردد. از تصاویر ماهواره‌ای نیز می‌توان برای تعیین دقت و صحت مطالعات انجام گرفته استفاده نمود که موجب کاهش هزینه انجام مطالعات خواهد شد.

۱-۷- نحوه پیش‌بینی تغییرات ریخت‌شناسی

همواره محیط طبیعی در معرض انواع تغییرات ناشی از وقایع طبیعی و رخدادهای ناگهانی است که لازم است کلیه این تغییرات از قبل شناسایی و به نوعی در نقشه‌های ریخت‌شناسی گنجانده شود تا کاربران با افق و میزان تغییرات عوامل شکل‌زا و تاثیرات آن در محیط آشنایی داشته باشند. در عین حال لازم است که در افق‌های زمانی مشخص، نقشه‌های ریخت‌شناسی تهیه شده، به‌هنگام شود و تغییرات جدید رخ داده در آنها منعکس شود. شکل (۱-۱۲) نمونه‌ای از نقشه‌های ریخت‌شناسی بازسازی شده را برای یک منطقه دلتایی نشان می‌دهد. همان‌طور که شکل مذکور نشان می‌دهد تحولات دلتا تا وضعیت کنونی در ۵ مرحله اتفاق افتاده است. برای تهیه این نوع از مدل‌های بازسازی، از لوگ چاه‌های مختلف استفاده می‌شود که در قسمت بالای شکل، موقعیت آنها نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۲- نحوه بررسی تحولات دلتا در طی دوره‌های زمانی مختلف [۳۳]

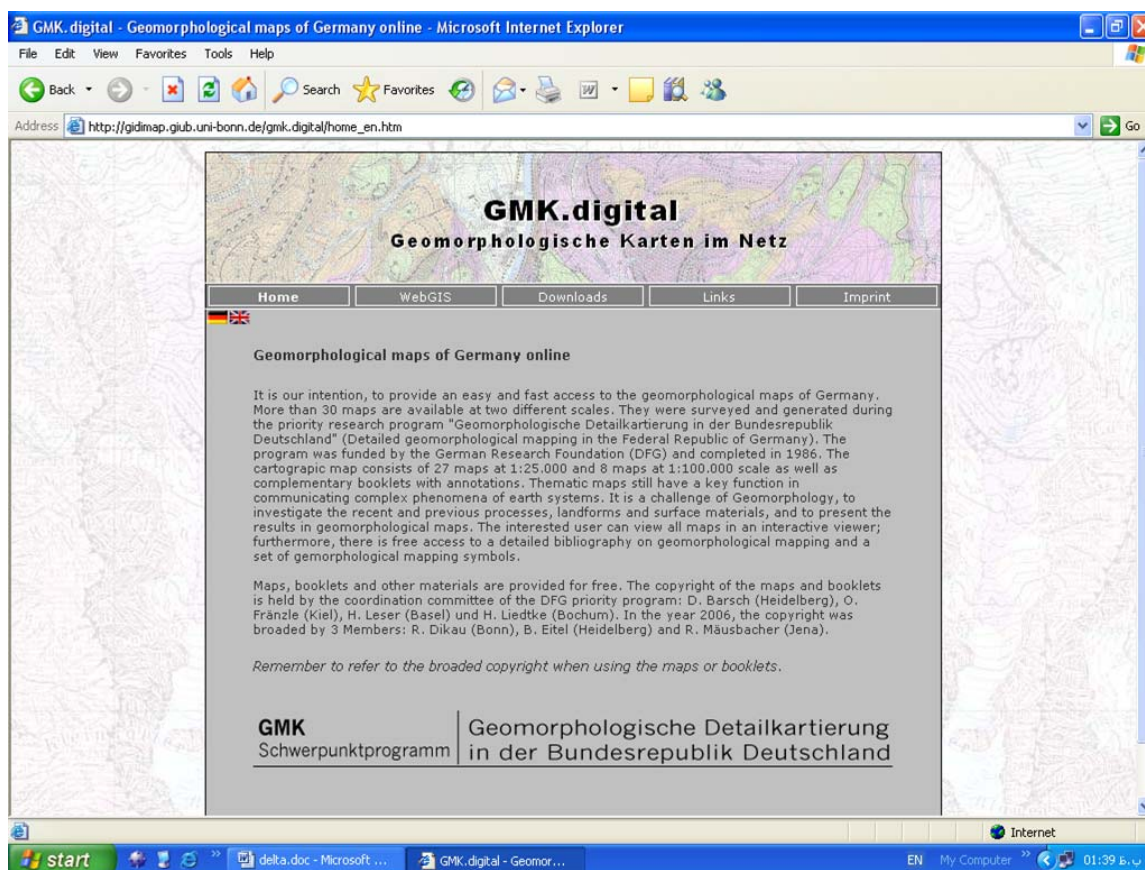
۱-۸- ملاحظات قرار دادن نقشه‌های ریخت‌شناسی تهیه شده در شبکه جهانی اینترنت

به منظور به اشتراک گذاشتن اطلاعات برای عموم کاربران، نقشه‌های ریخت‌شناسی تهیه شده می‌تواند در شبکه جهانی اینترنت قرار گیرد. برخی از کشور مانند آلمان کلیه نقشه‌های ریخت‌شناسی را در معرض دید عموم قرار داده‌اند که شکل (۱-۱۳) نشان دهنده صفحه اول این وب سایت می‌باشد. در این وب سایت بخش اصلی ارائه امکان بارگذاری نقشه‌های مورد نیاز براساس مقیاس دلخواه می‌باشد.

از مهم‌ترین ملاحظاتی که در این زمینه باید در نظر گرفت موارد زیر می‌باشد:

- سطح دسترسی: اگر برخی اطلاعات می‌باید به صورت محرمانه بوده و در اختیار همگان قرار نگیرد لازم است این سطح در وب سایت مشخص شود و فقط افراد ویژه بتوانند به همه اطلاعات دسترسی داشته باشند.

- فرمت داده‌ها: داده‌های نقشه‌ای و داده‌های جدولی باید در فرمت‌های استاندارد ا ارائه شوند تا در نرم‌افزارهای رایج قابل استفاده باشند. در عین حال می‌توان امکاناتی را در این سامانه قرار داد تا افراد متناسب با فرمت مورد نیاز خود بتوانند اطلاعات را بازیابی کنند.
- مقیاس: نقشه‌های ریخت‌شناسی تهیه شده ممکن است از مقیاس متفاوتی برخوردار باشند. به همین منظور لازم است امکاناتی در سامانه قرار داده شود تا کاربران حسب نیاز خود بتوانند مقیاس دلخواه را انتخاب و داده‌ها را بازیابی کنند.
- قابلیت بزرگنمایی: در صورتی که اندکس نقشه‌ها بر روی یک نقشه کلی نمایش داده شود با استفاده از امکاناتی که در این نقشه قرار داده می‌شود می‌توان با انتخاب موضوعات و بزرگنمایی آن، منظرهای جزئی‌تر را مشاهده نمود.
- قابلیت بازیابی مشروط داده‌ها: این امکان به کاربر این فرصت را می‌دهد تا بتواند از میان نقشه‌های موجود در پایگاه اطلاعاتی، نقشه‌های خاص را بر مبنای شروط تعیین شده بازیابی نماید.



شکل ۱-۱۳ - صفحه اول وب سایت نقشه زمین ریخت‌شناسی کشور آلمان در اینترنت [۴۲]

۱-۹- نحوه تهیه نقشه‌های زمین ریخت‌شناسی دلتاها

۱-۹-۱- تشکیل پایگاه داده جغرافیایی

در کل برای تهیه نقشه‌های ریخت‌شناسی از ابزارهای مختلفی مانند نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، لوگ چاه‌های حفاری، آمار ایستگاه‌های هیدرومتری و رسوب‌سنجی، لوگ چاه‌های حفاری، داده‌های هیدرودینامیک، عملیات میدانی و غیره استفاده می‌گردد که توضیحات مربوط به هر یک از داده‌های مذکور در بخش ابزارهای مطالعات این راهنما به تفصیل بیان گردید.

اولین قدم برای تهیه نقشه ریخت‌شناسی دلتاها، تشکیل پایگاه اطلاعات جغرافیایی رقومی از انواع اطلاعات فضایی و توصیفی می‌باشد تا بدین ترتیب مجموعه اطلاعات موردنیاز در یک محیط یکپارچه در اختیار قرار گیرد. پس از تشکیل پایگاه اطلاعات مذکور، می‌توان از امکانات سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی برای تلفیق و همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی به همراه قابلیت‌های بازنمایش اطلاعات توصیفی مرتبط با آنها، نقشه‌های ریخت‌شناسی تهیه و تفسیر گردد.

از جمله مهم‌ترین مشکلات برای تشکیل یک پایگاه داده فضایی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی در مرحله اول نبودن نقشه‌های رقومی مورد نیاز در همه موارد موضوعی مورد نیاز مانند نقشه‌های توپوگرافی با نقشه‌های زمین‌شناسی بوده که در این شرایط رقومی کردن آنها مستلزم صرف وقت و هزینه فراوانی خواهد بود و از طرفی دیگر هم مقیاس نبودن نقشه‌های موضوعی مورد استفاده می‌باشد که در این صورت تبدیل مقیاس نقشه‌ها را به یک مقیاس واحد اجتناب‌ناپذیر خواهد ساخت. قبل از انجام تحلیل‌های مکانی مورد نیاز روی نقشه‌ها می‌باید آنها را به صورت زمین مرجع درآورد یعنی مختصات موقعیتی را برای آنها تعریف نمود که این مهم توسط حداقل چهار نقطه کنترل صورت می‌پذیرد. این نقاط دارای مختصات معلومی هستند که یا از طریق نقشه‌های مرجع و یا از طریق بهره‌گیری از دستگاه‌های موقعیت‌یاب ماهواره‌ای به دست می‌آیند. در صورت عدم زمین مرجع نمودن نقشه‌های موردنیاز خطاهای فاحشی در مرحله ترکیب نقشه‌ها به وجود خواهد آمد که دقت نقشه‌های خروجی را کاهش خواهد داد.

استفاده از عکس‌ها و یا تصاویر ماهواره‌ای که در مطالعات دلتاها نقش محوری دارند از جمله چالش‌های تشکیل پایگاه داده محسوب می‌شود. انتخاب نوع ماهواره، نوع سنجنده، زمان تصویربرداری، پوشش‌های تصاویر ماهواره‌ای موجود، وجود ابر در تصاویر باندهای مرئی موجود از مسائلی است که باید مورد توجه قرار گیرد. پس از جمع‌آوری تصاویر مزبور هم مختصات کردن آن با نقشه‌های موجود و رفع خطاهای احتمالی موجود در آنها از مشکلاتی است که قبل از به کارگیری آن می‌باید حل شود تا در فرآیند تحلیل آنها مشکل ایجاد نکند.

پس از تهیه بانک اطلاعاتی مورد نیاز، تهیه نقشه‌های ریخت‌شناسی مطابق مراحل زیر انجام خواهد شد:

- تهیه نقشه پایه

اولین قدم برای تهیه نقشه ریخت‌شناسی دلتاها، تهیه نقشه توپوگرافی عمومی رقومی است که در آن خطوط منحنی میزان ارتفاعی و عوارض روی سطح زمین از جمله راه‌ها، سکونتگاه‌ها، رودخانه‌ها، کاربری اراضی و غیره نمایش داده می‌شود. در حال حاضر این‌گونه نقشه‌ها به صورت رقومی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ از طریق سازمان نقشه‌برداری کشور قابل تهیه است. پوشش

عمومی کشور در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ نیز به صورت کاغذی از طریق سازمان جغرافیایی قابل دستیابی است. در حال حاضر نقشه‌های پایه مناطق مرزی کشور توسط سازمان جغرافیایی در حال انجام می‌باشد که می‌تواند در مناطق مرزی مورد استفاده قرار گیرد. مقیاس نقشه مورد استفاده برای تهیه و تولید نقشه پایه دارای اهمیت زیادی است. متأسفانه در کل کشور مقیاس یکپارچه برای در اختیار داشتن کلیه نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و سایر نقشه‌های مربوط در مقیاس واحد وجود ندارد؛ اما به نظر می‌رسد با توجه به وسعت دلتاهای کشور، استفاده از مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ به دلیل رقومی بودن و به دلیل وجود سایر نقشه‌های مرتبط مانند زمین‌شناسی، نقشه قابلیت خاک و کاربری اراضی در مقیاس مذکور در کشور، نسبت به سایر نقشه‌های موجود در اولویت است. ضمن آن که در صورت لزوم می‌توان از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ رقومی برای انجام مطالعات تفصیلی‌تر استفاده نمود.

- تهیه نقشه ریخت‌شناسی در زمان گذشته و حال

تهیه نقشه‌های ریخت‌شناسی می‌تواند در سه زمان مختلف گذشته، حال و آینده تهیه گردد تا بدین ترتیب بررسی روند تغییرات دلتا در طی ادوار زمانی امکان‌پذیر شود. به‌طور مسلم در هر یک از ادوار زمانی، فرآیندهای مختلفی در شکل‌گیری و تحول دلتاها تاثیرگذار هستند که لازم است در تفسیر نقشه‌های ریخت‌شناسی دلتاها به این موضوع توجه شود.

تعیین مرز و محدوده ظاهری دلتا در قسمت ساحلی و خشکی و ترسیم شبکه رودخانه‌ای تشکیل دهنده دلتا، اولین مرحله از تهیه نقشه ریخت‌شناسی را تشکیل می‌دهد. این کار با بررسی نقشه‌های توپوگرافی و انتقال مرز مشاهده شده دلتا روی نقشه صورت می‌گیرد. سپس با روی هم قرار دادن نقشه‌های زمین‌شناسی، تصویر ماهواره‌ای یا عکس‌های هوایی تهیه شده روی نقشه پایه، مرز و محدوده دلتا تدقیق و ترسیم می‌شود.

برای تعیین محدوده دلتا در سال‌های گذشته (در رابطه با عکس‌ها و تصاویر ماهواره‌ای موجود از زمان گذشته) لازم است پس از انطباق تصاویر سنجش از دور گذشته روی نقشه پایه، مرزهای دلتا در زمان گذشته روی آن منعکس شود. نمونه‌هایی از نقشه تغییرات دلتاها که از طریق داده‌های سنجش از دور تحلیل و به‌دست آمده‌اند در شکل‌های (۱-۳)، (۱-۴)، (۱-۵) و (۱-۶) ارائه گردیده است که به‌وضوح نقش عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای را برای تهیه نقشه‌های ریخت‌شناسی دلتاها به نمایش می‌گذارد.

- تهیه نقشه ریخت‌شناسی در زمان آینده

تهیه نقشه‌های آینده دلتاها از طریق بررسی روند تغییرات دلتا در گذشته تا حال و تعمیم آن برای آینده صورت می‌گیرد. در شکل (۱-۱۲) نمونه‌ای از این نقشه‌ها نشان داده شده است. با تهیه نقشه ریخت‌شناسی برای دو زمان مختلف امکان بررسی تغییرات مکانی با استفاده از قابلیت‌های همپوشانی سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی وجود دارد. در این عملیات امکان بررسی تغییرات از یک نوع به نوع دیگر وجود دارد.

- تفسیر نقشه‌های ریخت‌شناسی تهیه شده

از جمله نکات مهم در نقشه‌های ریخت‌شناسی تهیه شده تفسیر فرآیندهای شکل‌گیر و تحول دلتاها است که در این زمینه باید از اطلاعات داده‌های بده رسوب رودخانه‌ها به کمک مدل‌های رایانه‌ای مربوط، روند تغییرات آنها بررسی و نقش آنها در فرآیندهای رسوب‌گذاری دلتاها تفسیر گردد. همچنین علاوه بر داده‌های مذکور به منظور تفسیر تاثیر و نقش فرآیندهای دریایی مانند پدیده‌های

جزر و مد و امواج لازم است داده‌های مذکور نیز با کمک مدل‌های رایانه‌ای تحلیل شود تا بتوان فرآیندهای حاکم را برای توسعه و تحول دلتا مشخص و معرفی نمود.

– کاربردهای نقشه‌های ریخت‌شناسی تهیه شده

نقشه‌های ریخت‌شناسی تهیه شده می‌تواند از کاربردهای متعددی برخوردار باشد؛ از جمله آنها می‌توان به کاربرد آنها در تهیه نقشه طبقه‌بندی سواحل، تهیه نقشه مخاطرات ساحلی، توسعه فعالیت‌های عمرانی به منظور احداث تاسیسات مختلف مانند پالایشگاه نفت و گاز، احداث بنادر، سازه‌ها و مراکز گردشگری اشاره نمود.

فصل ۲

تبیین موارد استفاده از مطالعات

ریخت‌شناسی به عنوان ابزار مدیریت

دلته‌ها

۲-۱- کلیات

مناطق دلتایی گستره بسیار عظیمی را شامل می‌شود که با توجه به تاثیرات مستقیم و غیرمستقیم، می‌تواند مرز حوضه‌های آبریز مشرف تا ماورای ساحل در درون دریاها را در برگیرد [۲۸]. این مناطق به دلیل داشتن ذخایر با ارزشی همچون پلاسرهای کانیاپی، ذخایر مس، سرب و روی نابرجا و سایر ذخایر معدنی دارای اهمیت زیادی هستند. به‌طور مشخص در این محدوده فعالیت‌های مختلفی جهت استفاده از منابع موجود در آنها و استقرار سکونتگاه‌های انسانی صورت می‌گیرد. از این‌رو محیط زیست دریایی شامل اقیانوس‌ها، انواع دریاها و نواحی ساحلی مجاور است که یک مجموعه هماهنگ را تشکیل می‌دهد که جزو اصلی حیات جهانی بوده و سرمایه مثبتی است که فرصت‌هایی را برای توسعه پایدار فراهم می‌آورد [۲]. با توجه به این موضوع است که نواحی ساحلی شامل زیستگاه‌های حاصل‌خیز و متنوعی است که از نظر استقرار و اسکان انسان و امرار معاش محلی و توسعه حایز اهمیت است. بیش از نیمی از جمعیت جهان در امتداد خطوط ساحلی به عرض ۶۰ کیلومتر از دریا زندگی می‌کنند و این رقم تا سال ۲۰۲۰ میلادی، ۲۵ درصد افزایش خواهد یافت [۲]. این چارچوب‌ها بیانگر ضرورت اعمال مدیریت جهت بهره‌برداری صحیح از مناطق ساحلی از طریق تدوین قوانین است. با توجه به این موضوع تمام قوانین مربوط به سواحل تحت یکی از سه مقوله کلی حفاظت زیست محیطی، استحکامات دریایی و برنامه‌ریزی قرار می‌گیرند [۲۱].

با در نظر گرفتن اهمیت بسیار زیاد مناطق ساحلی و به‌ویژه مناطق دلتایی ایجاب می‌کند که دانش ریخت‌شناسی در مدیریت این مناطق نقش اساسی را برعهده داشته باشد. با توجه به این ضرورت لازم است نقشه‌های ریخت‌شناسی با اهداف مشخص به منظور ارائه ملاحظات لازم برای بهره‌برداری اصولی از منابع طبیعی و کاهش اثرهای عوامل نامساعد طبیعی تهیه گردد. محوریت اصلی برای تهیه این نقشه‌ها، فرم و فرآیندهایی است که تحت تاثیر پارامترهای مختلف در منطقه دلتایی فعالیت داشته و اثرهای خود را نشان می‌دهد. گروه‌های مختلفی از انواع کاربردهای نقشه‌های ریخت‌شناسی از مناطق دلتایی وجود دارد که در مطالب زیر مورد بحث قرار می‌گیرد:

۲-۱-۱- شناسایی آسیب‌پذیری سواحل

مناطق دلتایی در مجاورت دریا در معرض انواع عوامل تهدید کننده مانند امواج، جزر و مد، بالآ آمدن آب دریاها، وقوع زمین لغزش، بالآ آمدن خشکی و عواملی از این قبیل قرار دارند که همگی جزو عوامل شکل‌زایی هستند که در مناطق ساحلی فعالیت می‌کنند. در صورتی که نقشه‌های ریخت‌شناسی از این مناطق تهیه گردد می‌تواند مکان‌های مناسب برای احداث تاسیسات ساحلی، بنادر مختلف، سکوهای نفتی و سایر تاسیسات مهندسی در اختیار مدیران قرار دهد و در صورت احداث این‌گونه تاسیسات در مناطق اجتناب‌ناپذیر، تمهیدات لازم را انجام دهند.

۲-۱-۲- بسترسازی برای توسعه مطلوب کشاورزی

فعالیت‌های کشاورزی موفق در مناطقی با خاک حاصل‌خیز صورت می‌گیرد. خاک‌های مناطق دلتایی در نتیجه به جاگذاری رسوبات حمل شده توسط آب‌های جاری شکل گرفته‌اند. بررسی مناطقی که از مواد ریزدانه با نفوذپذیری و تهویه مناسب از طریق مطالعات ریخت‌شناسی امکان‌پذیر بوده و همه آنها در نقشه‌های ریخت‌شناسی با اهداف کشاورزی منعکس می‌شود.

۲-۱-۳- مکان‌یابی مناطق گردشگری در مناطق ساحلی

معمولا مناطق خاصی از ساحل برای انجام فعالیت‌های گردشگری ساحلی مناسب هستند. این مناطق محل‌هایی هستند که نوع و اندازه رسوبات آن برای فعالیت‌هایی مانند شنا تناسب دارد که نقشه ریخت‌شناسی برای شناسایی این مناطق می‌تواند مورد استفاده قرار گیرند.

۲-۱-۴- شناسایی اراضی سیل‌گیر در مناطق دلتایی

سیل از جمله پدیده‌های مخربی می‌باشد که نابود کننده تاسیسات و استقرارگاه‌های انسانی در مناطق دلتایی است. در مناطق دلتایی به علت وجود اراضی هموار، خطر سیل گرفتگی معمولا بیش‌تر از سایر مناطق می‌باشد. محدوده بسترهای سیل‌گیر از جمله مواردی است که در نقشه‌های ریخت‌شناسی دلتا نشان داده می‌شود و از این‌رو می‌تواند برای مکان‌یابی مطلوب مناطق مورد نیاز استفاده شود.

۲-۱-۵- کمک به شناسایی مناطق دارای پتانسیل برداشت مصالح رودخانه‌ای

توسعه و عمران مناطق دلتایی در گروهی وجود منابع معدنی مانند شن و ماسه است که مطالعات ریخت‌شناسی می‌تواند نقش بسیار زیادی در شناسایی و پهنه‌بندی این مناطق داشته باشد. شناسایی و تعیین محدوده جایگذاری این مواد در نتیجه نیروهای فرسایشی چه در گذشته و چه در حال حاضر از کاربردهای نقشه‌های ریخت‌شناسی محسوب می‌شود.

۲-۱-۶- کمک به شناسایی مناطق دارای پتانسیل ذخایر معدنی

به لحاظ وجود ذخایر معدنی بسیار با ارزشی مانند پلاسره‌های کانیایی، ذخایر مس، سرب و روی نایب‌جا و سایر ذخایر معدنی که در مناطق دلتایی وجود دارد، مطالعات ریخت‌شناسی می‌تواند نقش بسیار زیادی در شناسایی و پهنه‌بندی مناطق دارای ذخایر معدنی داشته باشد. از این‌رو به منظور مدیریت صحیح، تعیین نوعی حریم برای دلتاها برای جلوگیری از ساخت و سازهای غیر مجاز ضرورت دارد.

پیوست ۱

مفاهیم پایه

پ. ۱-۱- مفهوم دلتا

واژه دلتا تقریباً ۲۵۰۰ سال پیش هنگامی که هردوت به استفاده از آن توسط یونانیان اشاره نمود و به دوره‌ای برمی‌گردد که نهشته‌های آبرفتی حاصل خیز مثلثی شکل در دهانه رود نیل مورد استفاده قرار می‌گرفت. لیل^۱ این واژه را در ادبیات زمین‌شناسی در سال ۱۹۸۲ در کتاب زمین‌شناسی خود معرفی نمود [۳۵].

تعاریف مختلفی برای دلتا بیان شده است که تقریباً همه آنها از وجوه مشترک زیادی برخوردار هستند. به نظر بیرد^۲ در مناطق کم عمق دریا‌های گذشته در محل اتصال رودها به دریا، جایی که نرخ تجمع رسوب بیش از میزان فرسایش و پراکندگی آنها توسط امواج و جریان‌های ساحلی بوده است، سرزمین‌های مثلثی شکلی پدید می‌آیند که دلتا نامیده می‌شوند [۲۴]. در کل دلتا به بخش تغییر شکل یافته در دهانه رودخانه اطلاق می‌شود که جریان رودخانه در محل ورود به اقیانوس، دریا، مصب رود بزرگ‌تر، دریاچه، مخزن، زمین مسطح لم یزرع یا رودخانه دیگر تشکیل می‌دهد. دلتا از نهشته‌های رسوبی حمل شده توسط رودخانه تشکیل گردیده است.

به عبارت دیگر در دهانه رودخانه‌های مناطق خشک و محل اتصال آنها به سطوح اساس محلی (دریاچه‌ها و دریاها) رسوب‌گذاری شدیدی صورت می‌گیرد، چرا که محل اتصال رودخانه‌ها با سطوح اساس، محیطی است که رودخانه دارای قدرت و توان بیش‌تری نسبت به دریاها و دریاچه‌ها است. این رسوبات دارای شکل خاصی هستند که چون شکل غالب آنها همانند حرف یونانی دلتا است به این رسوبات نیز رسوبات دلتایی و یا جزایر دلتایی گفته می‌شود.

دلتاهای مختلفی در مصب رودخانه‌های مهم دنیا شکل گرفته است که نمونه‌های زیر از جمله مهم‌ترین آنها محسوب می‌شود:

- دلتای رود گنگ-براهماپوترا^۳ در کشور بنگلادش و هند با وسعت ۱۰۵۶۴۵ کیلومتر مربع
- دلتای رود مکونگ^۴ در جنوب شرق آسیا با وسعت ۹۳۷۸۱ کیلومتر مربع
- دلتای رود لنا^۵ در روسیه با مساحت ۴۳۵۶۳ کیلومتر مربع
- دلتای رود هوانگ هی^۶ در چین با وسعت ۳۶۲۷۲ کیلومتر مربع
- دلتای رود می‌سی‌سی‌پی^۷ در آمریکا با وسعت ۳۳۶۷۰ کیلومتر مربع
- دلتای رود ایندوس^۸ در پاکستان با وسعت ۲۹۵۲۴ کیلومتر مربع
- دلتای رود ولگا در روسیه با وسعت ۲۷۲۲۴ کیلومتر مربع
- دلتای رود نیجر در افریقای غربی با وسعت ۱۹۱۳۵ کیلومتر مربع
- دلتای اروند رود با وسعت ۱۸۴۹۷ کیلومتر مربع

1- Liel
 2- Bird
 3- Ganges-Brahmaputra
 4- Mekong
 5- Lena
 6- Huang He
 7- Micicipi
 8- Indus

پ.۱-۲- عوامل موثر در تشکیل و توسعه دلتاها

در مجموع، کلیه دلتاها حاصل فرآیندهای رودخانه‌ای و دریایی هستند. دلتاها در مناطقی توسعه پیدا می‌کنند که از توانایی آنها برای حمل رسوب کاسته می‌شود. آنها در محیط‌های مختلفی از جمله سواحل با انرژی کم امواج و جزر و مد محدود تا سواحل با انرژی زیاد امواج و محدوده‌های جزر و مدی گسترده شکل می‌گیرند. هرچند که در برخی از دلتاها عوامل شکل‌زا در اختیار امواج یا رودخانه می‌باشد، در عین حال ممکن است مکانیسم‌های مختلفی روی بخش‌های مختلف دلتاها عمل کنند. دلتاهای دریایی در مکان‌هایی توسعه پیدا می‌کنند که حجم و سرعت حمل رسوبات رودخانه‌ها به ساحل بیش‌تر از آن است که رسوبات مذکور توسط فرآیندهای دریایی برداشت شود [۳۹].

هرچند که بار رسوب سالانه در اکثر سامانه‌های رودخانه‌ای با افزایش مقدار بارش و جریان سالانه افزایش پیدا می‌کند، اما چگونگی توزیع رسوب‌های انتقال یافته به مصب بسیار پراهمیت‌تر از مقدار کل رسوب است. رودخانه‌های شریانی یا بریده بریده^۱ که دارای جریان سالانه نسبتاً کم بوده و عمده جریان آنها محدود به دوره سیلابی کوتاه مدت می‌شود نسبت به پیچانرودها، رسوبات بیش‌تری را حمل می‌کنند.

همان‌طور که در شکل (پ.۱-۱) نشان داده شده است، از نظر آناتومیک (اندام‌شناسی) قسمت‌های زیر در یک دلتا مشاهده می‌گردد [۳۹]:

پ.۱-۲-۱- دلتای زیر آبی یا نامریی^۲

بخشی از دلتا است که زیر نقطه تراز حداقل جزر و مد قرار دارد. در طرف دریا ذرات ریز و ریزتر یافت می‌شوند. این قسمت دارای ریزترین اندازه ذرات (رس‌ها) است که پیشانی دلتا^۳ نامیده می‌شوند.

پ.۱-۲-۲- دلتای سطحی^۴

شامل آن قسمت از دلتا، در بالای نقطه حداقل جزر و مد می‌باشد.

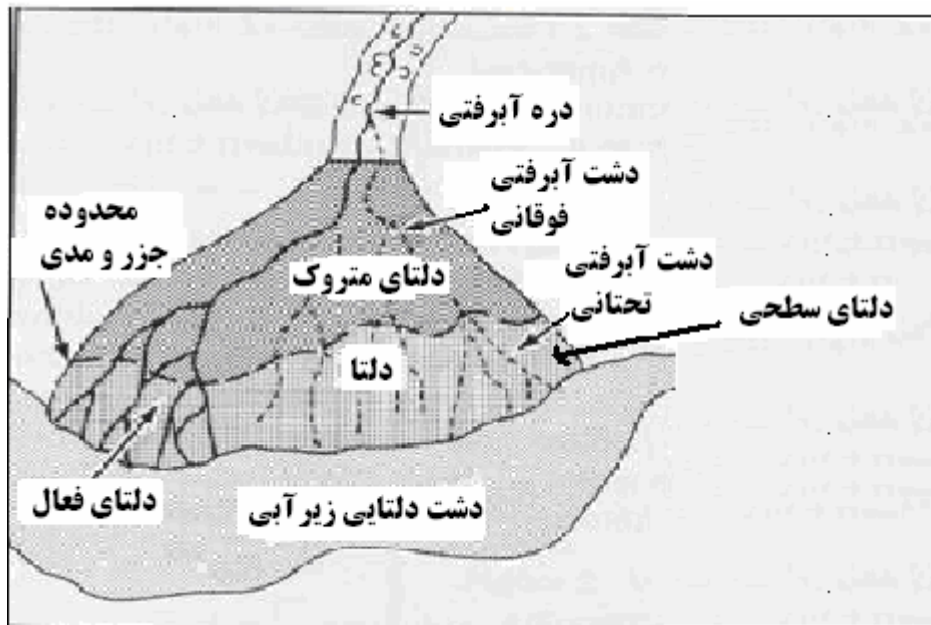
پ.۱-۲-۳- دشت تحتانی دلتا^۵

بخشی است که تحت تاثیر روابط متقابل رودخانه‌ای و دریایی است. این محدوده در طرف خشکی به محدوده اثر جزر و مدی محدود می‌شود. همه زندگی گیاهی و جانوری در داخل این محدوده است.

-
- 1- Braided
 - 2- Subaqueous
 - 3- Prodelta
 - 4- Subaerial
 - 5- Lower Delta Plain

پ. ۱-۲-۴- دشت فوقانی دلتا^۱

که توسط فرآیندهای نهشته گذاری رودخانه‌ای شناخته می‌شود.



شکل پ. ۱-۱- آناتومی (اندام‌شناسی) یک دلتا [۳۹]

اگرچه سطوح اکثر دلتاهای بزرگ توسط سیلاب‌های سالانه پوشیده می‌شود، اما در فصول بارانی توسعه آنها چشمگیرتر و گسترده‌تر می‌شود.

بخش زیرآبی یا نامریی^۲ یک دلتا، چهارچوبی را برای مشاهده درجه‌بندی رسوبات ایجاد می‌کند، بدین ترتیب که رسوبات معلق، پادگانه یا سکوه‌های کوچک کم عمق دور از ساحل^۳ را ایجاد می‌کند. ریزترین ذرات نسبت به ذرات معلق روی پیشانی دلتا^۴ و بخش دریایی دلتا نهشته می‌شوند، درحالی که ماسه‌های ریز در بخش تحتانی دلتا به جای گذاشته می‌شوند.

پ. ۱-۳- طبقه‌بندی و شکل‌های دلتاها

دلتاها می‌توانند با چندین روش مطابق با هدف و معیارهای مورد استفاده طبقه‌بندی شوند. طبقه‌بندی ریخت‌شناسی ژنتیک^۵ سعی دارد ویژگی‌های ریخت‌شناسی را با عوامل طبیعی مرتبط سازد. گالووی^۶ سه شکل اصلی دلتاها را براساس حاکمیت عوامل رودخانه‌ای، امواج و جزر و مد و اشکال حد واسط آنها معرفی کرده است [۲۹]. به عبارت دیگر در این نوع طبقه‌بندی سه گروه از دلتاهای رودخانه غالب، دلتاهای امواج غالب و دلتاهای جزر و مد غالب، قابل تشخیص و مطالعه است. کلمن و رایت^۷ شش نوع اصلی

- 1- Upper Delta Plain
- 2- Subaqueous
- 3- Offshore
- 4- Prodelta
- 5- Genetic
- 6- Galloway
- 7- Colman and Wright

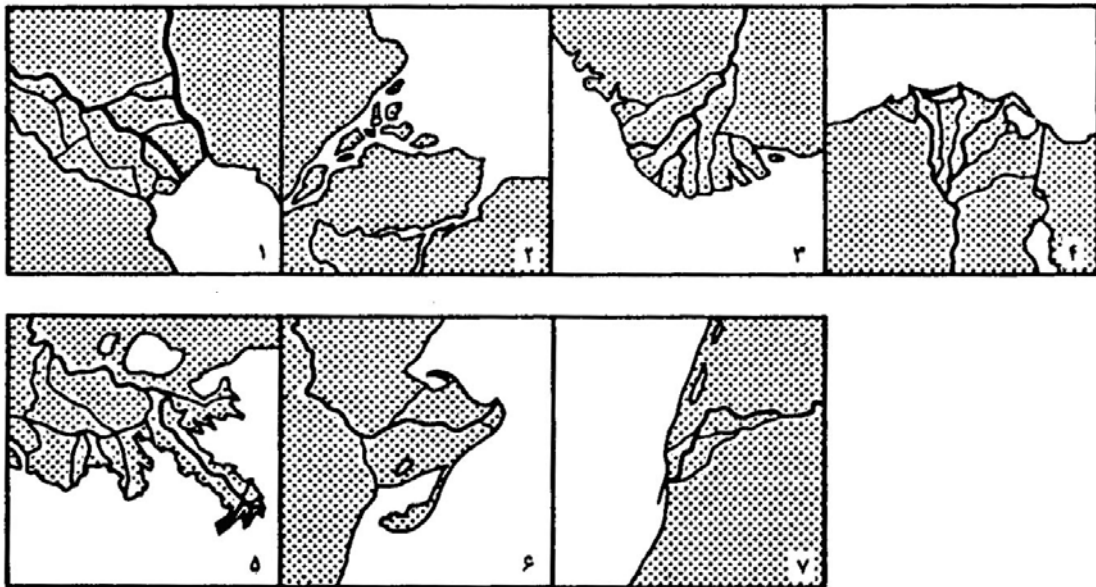
از دلتاها را براساس شکل هندسی و بافت آنها معرفی کرده‌اند [۲۷]. هریک از این شکل‌ها ممکن است در آب و هوای گوناگون مشاهده شوند. تصاویر اصلی آنها که در شکل (پ.۱-۲) نشان داده شده است عبارتند از [۱۴]:

پ.۱-۳-۱- دلتاهای شکل یافته در خلیج‌ها

این نوع دلتاها حاصل پرشدگی بخشی از یک خلیج است. برای مثال می‌توان دلتای اروندرود در مرز مشترک بین ایران و عراق را نام برد.

پ.۱-۳-۲- دلتای ساحلی قطعه قطعه شده

این نوع دلتاها در بخش‌های خارجی ساحلی مشاهده می‌شوند که بخشی از آن به صورت دماغه‌هایی در دریا شکل گرفته و بخش دیگر نیز به صورت قطعات جزیره مانند در مجرای اصلی رودخانه شکل یافته‌اند. این نوع از دلتاها در مکان‌هایی به وجود می‌آیند که دارای حرکات مد شدید هستند. مانند دلتای رود آمازون.



شکل پ. ۱-۲- مهم‌ترین شکل دلتاها. ۱- دلتای خلیجی (پارانا)، ۲- دلتای ساحلی قطعه قطعه شده (آمازون)، ۳- دلتای گرد (نیجر)، ۴- دلتای تیغه‌ای شکل (نیل)، ۵- دلتای پنجه پرنده‌ای (می‌سی‌سی‌پی)، ۶- دلتای شبه بیل (ابرو)، ۷- دلتای بریده شده (سنگال) [۱۴]

پ.۱-۳-۳- دلتاهای گرد یا هلالی^۱

این نوع دلتاها دارای بخش خارجی گرد هستند که شکل‌های ایجاد شده آنها به دلیل تاثیر امواج مخرب و فرساینده و جزر و مد به‌طور عمده به موازات ساحل شکل گرفته‌اند و رسوبات رودخانه‌ای به شدت از اطراف، آن را تحت تاثیر قرار می‌دهند. برای مثال می‌توان دلتای نیجر را نام برد.

پ. ۱-۳-۴ - دلتای نوک تیز یا تیغه‌ای^۱

این دلتاها به صورت دماغه گرد مانند از تیغه‌های عریض و باریک شکل گرفته‌اند که امکان دارد بر اثر نیروی آب رودخانه یا امواج مخرب و عوامل فرساینده و تاثیرات دریا توسعه یافته باشند.

پ. ۱-۳-۵ - دلتای پنجه‌ای یا انگشتی^۲

در این نوع از دلتاها بازوهای از مصب دلتا در جهت دریا کشیده شده و دماغه‌های ساحلی عریض را به وجود می‌آورند که این اشکال نشان دهنده اثر شکل‌زایی دریا روی این نوع از دلتاها است و عملکرد ضعیف امواج دریا و جزر و مد را در این مناطق نشان می‌دهند. دلتای می‌سی‌سی‌پی از این نوع دلتاها محسوب می‌شود.

پ. ۱-۳-۶ - دلتای شبه بیل

این نوع از دلتاها همراه با دیوارهای ساحلی ماسه‌ای هستند که به صورت مستقیم یا انحنادار، شکل خمیده‌ای را ایجاد می‌کنند. دلتاهای قرار گرفته در این گروه، به ندرت به شکل اولیه یافت می‌شوند. پیشرفت زیاد این دلتاها به طرف دریا تاثیر بیش‌تر بار رسوبی رودخانه را نشان می‌دهد. نوارهای ساحلی تشکیل شده که شباهت به بال دارند عناصر جابجایی شدید را در سواحل نشان می‌دهند. بخش‌های انتهایی این نوارهای ساحلی که اغلب حالت تیز دارد از یک جهت به خشکی متصل هستند. دلتای ابرو^۳ در اروپا از جمله این دلتاها محسوب می‌شود.

پ. ۱-۳-۷ - دلتاهای بریده بریده^۴

شکل خاص این نوع دلتاها به صورت بریده بریده بیانگر این است که رسوبات رودخانه‌ای تقریباً به طور کامل تحت تاثیر دریا از پهلو به صورت جانبی بریده شده‌اند و به همین جهت یک فضای رسوبی مناسب یعنی هموار و عریض که در جلو ساحل قرار گرفته باشد وجود ندارد. دلتای سنگال نمونه‌ای از این دلتاها محسوب می‌گردد.

پ. ۱-۳-۸ - دلتای نیمه غرق شده^۵

این دلتا با گره‌های طبیعی باقی‌مانده، جزایری را تشکیل می‌دهد. در روش‌های طبقه‌بندی مذکور، از عوامل مهمی که می‌تواند مورد توجه قرار گیرد، تبیین واحدهای فیزیوگرافی و واحدهای اراضی دلتاها از منظر زمین‌شناسی و خاک‌شناسی است. در این بحث ویژگی تشکیلات زمین‌شناسی بستر دلتا و همچنین خاک‌های انتقال یافته به محل دلتا از طریق جریان‌های رودخانه‌ای و دریایی بررسی شده و از طریق آنها می‌توان واحدهای فیزیوگرافی و

1- Cuspate
2- Bird-Foot
3- Ebru
4- Lobate
5- Partly Drowned

واحدهای اراضی مشخصی را با ویژگی‌های همگن تعیین حدود نمود. بدیهی است واحدهای اراضی شناسایی شده اختصاصات همگنی را از منظرهای طبیعی در خود خواهند داشت که می‌تواند برای انجام برنامه‌ریزی بهتر دلتاها کارگشا باشد.

در کل طبقه‌بندی براساس ریخت‌شناسی ژنتیک، قابلیت خوبی برای شناسایی دلتا از نظر عوامل تشکیل دهنده آن در اختیار کاربر قرار می‌دهد و از طرف دیگر طبقه‌بندی از نظر شکل هندسی و بافت می‌تواند نحوه شکل‌گیری و تکامل بافت را نمایش دهد و از این‌رو به نظر می‌رسد هر یک از تقسیم‌بندی‌های مذکور قابلیت خاص خود را داشته و نمی‌توان یک روش را نسبت به دیگری ارجح دانست. با توجه به این موضوع پیشنهاد می‌شود که در مطالعات مربوط به دلتاها هر دوی تقسیم‌بندی‌ها مورد توجه قرار گرفته و از آنها در تبیین وضعیت فعلی و تحول دلتا استفاده نمود.

پ. ۱-۴- ویژگی‌های دلتاها

دلتاها از منظرهای مختلف قابل مطالعه بوده و از این‌رو ویژگی‌های مختلفی از آنها را می‌توان مطرح و مورد بررسی قرار داد. از جمله مهم‌ترین ویژگی‌ها می‌توان به رسوب‌شناسی، آب و هوا و شرایط زمین‌شناسی اشاره نمود. برای مثال از نظر رسوب‌شناسی ویژگی‌هایی را از منظر شکل هندسی، ترکیب کلی ذرات، رخساره‌ها و جهت‌یابی رسوبات مطرح نمود که این نوع خصوصیات برای دلتاهای رودخانه غالب، دلتاهای امواج غالب و دلتاهای جزر و مد غالب همان‌طور که در جدول (پ. ۱-۱) نشان داده شده است متفاوت است.

جدول پ. ۱-۱- اختصاصات چینه‌شناسی در سامانه‌های مختلف دلتایی [۱۵]

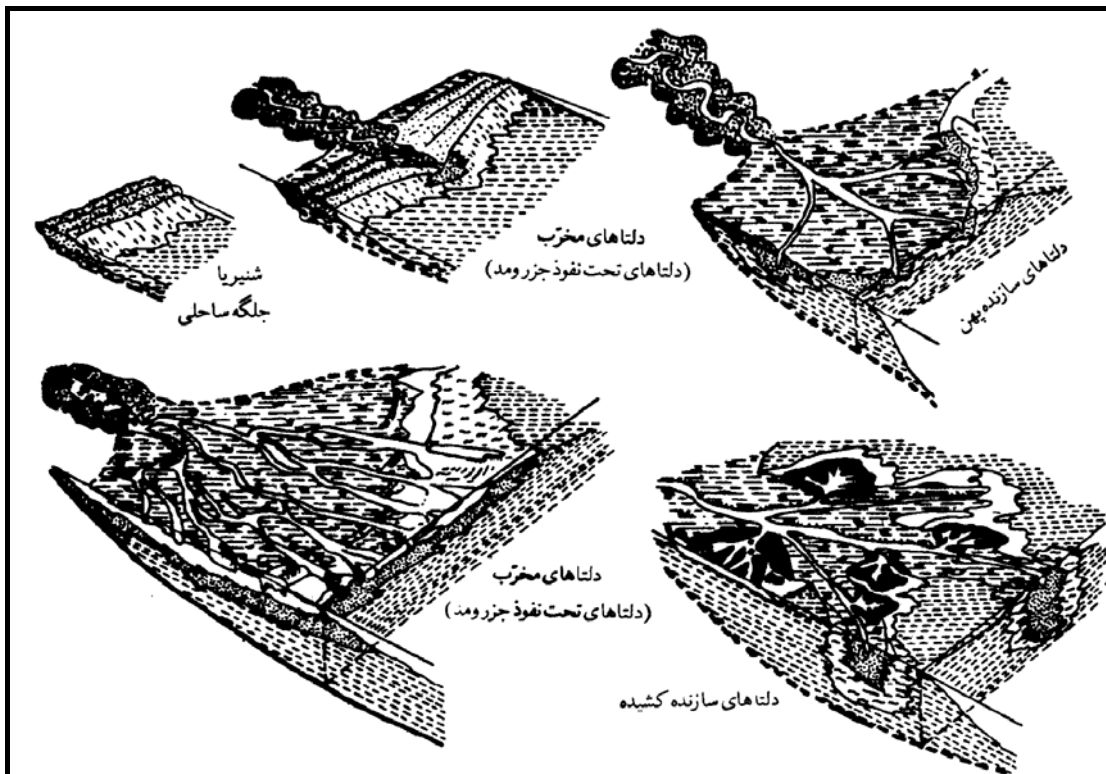
عنوان / نوع دلتا	دلتاهای تحت نفوذ رودخانه	دلتاهای تحت نفوذ امواج	دلتاهای تحت نفوذ جزر و مد
شکل هندسی	کشیده تا پهن و گرد	قوسی	خلیج مانند تا نامنظم
نوع کانال	مستقیم تا پیچیده شاخه‌ای	پیچانوردی شاخه‌ای	مستقیم نامنظم تا پیچیده شاخه‌ای
ترکیب کلی ذرات	گلی تا مخلوط	ماسه‌ای	متغیر
رخساره‌ها	ماسه‌های سدی دهانه رودخانه‌های شاخه‌ای و ماسه‌های پرکننده کانال، ماسه‌های ورقه‌ای حاشیه دلتا	ماسه‌های تشکیل دهنده سدهای ساحلی و برآمدگی ساحلی	ماسه‌های پرکننده خلیج‌های بین رودخانه‌ای
جهت‌یابی رسوبات	به موازات شیب حوضه رسوب‌گذاری	به موازات امتداد حوضه رسوب‌گذاری	به موازات شیب حوضه رسوب‌گذاری

از نظر فعال بودن یا متروکه بودن، دو ویژگی را می‌توان برای دلتاها قائل شد:

دلتاهای فعال به دلتاهایی گفته می‌شود که در حال حاضر فرآیند انتقال و ترسیب در آن صورت می‌گیرد. در حالی که دلتاهای متروکه به دلتاهایی گفته می‌شود که در گذشته دارای فعالیت بوده ولی در حال حاضر فعالیتی از نظر انتقال و ترسیب در آنها مشاهده نمی‌گردد.

از نظر فرآیند انتقال و ترسیب می‌توان دو گونه اصلی از دلتاها را تحت عنوان دلتاهای سازنده و مخرب تشخیص داد [۱۵]:

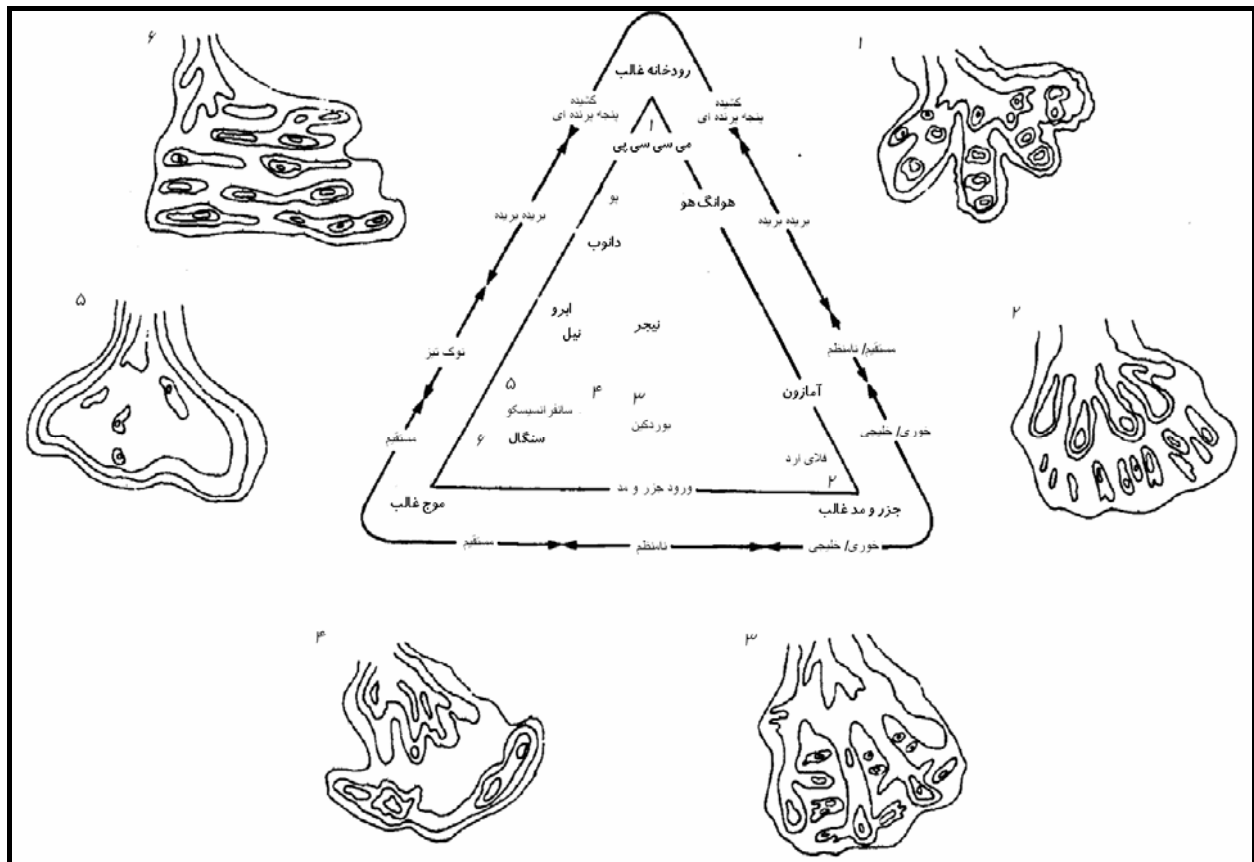
دلتاهای سازنده به دلتاهایی گفته می‌شود که تحت تاثیر فرآیندهای رودخانه‌ای تشکیل می‌شوند و دلتاهای مخرب به گروهی از دلتاها گفته می‌شود که بر اثر فرآیندهای دریایی شکل می‌گیرند. هر یک از این دلتاها به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند که نمونه‌هایی از آنها در شکل (پ. ۱-۳) نشان داده شده است.



شکل پ. ۱-۳- انواع دلتاهای سازنده و مخرب [۱۵]

پ. ۱-۵- مورفودینامیک دلتاها

دلتاها تحت تاثیر عوامل شکل دهنده آنها اشکال مختلفی پیدا می کنند که این شکل ها گویای فرآیندهای ایجادکننده آنها است. ریخت شناسی و طبقه بندی دلتاها در شکل (پ. ۱-۴) نشان داده شده است. براساس عوامل شکل دهنده مورفودینامیک می توان تقسیمات زیر را از نظر فرآیندی مطرح نمود [۳۶]. در این شکل رئوس مثلث نشان دهنده هریک از انواع دلتاهای رودخانه غالب، موج غالب و جزر و مد غالب است که متناسب با شرایط آن رودخانه شکل گرفته است.



شکل پ. ۱-۴- ریخت‌شناسی و طبقه‌بندی دلتا برحسب اهمیت نسبی فرآیندهای رودخانه‌ای، امواج و جزر و مد [۳۶]

پ. ۱-۵-۱- دلتاهای رودخانه غالب

این دلتاها دارای دهانه ماسه‌ای دراز پخش شده به صورت پنجه‌ای شکل است که تقریباً در تمام امتداد ساحل گسترش پیدا می‌کند. این نوع از پیش‌رفتگی‌های ماسه‌ای، انگشتی شکل^۱ است که در دلتای می‌سی‌سی‌پی به شکل پای پرنده، بدنه ماسه‌ای آن دارای طول ۲۴ تا ۳۲ و عرض ۶ تا ۸ کیلومتر هستند. این دلتاها در مناطقی با تغییرات جزر و مدی کم، انرژی خیلی کم موج، شیب ساحلی کم، انباشتگی^۲ جانبی کم و بار معلق زیاد ریزدانه توسعه می‌یابند. دلتاهای رودخانه‌ای می‌سی‌سی‌پی در امریکا، پارانآ^۳ در برزیل، دنیپر^۴ در روسیه و ارینکو^۵ در ونزوئلا از جمله این دلتاها محسوب می‌شوند.

- 1- Bar-Finger
- 2- Drift
- 3- Parana
- 4- Dneiper
- 5- Orinoco

پ. ۱-۵-۲- دلتای‌های کشند چیره

این نوع از دلتاها دارای پیش‌رفتگی ماسه‌ای وسیع در طرف دریا و کانال انگشتی شکل هستند. آنها به وسیله برآمدگی‌های جزر و مدی ماسه‌ای که به وسیله نهشته‌گذاری جزر و مدی و رسوبات رودخانه‌ای در دهانه شاخه شاخه^۱ مشاهده می‌شوند. این دلتاها در مناطقی مشاهده می‌شوند که محدوده جزر و مدی گسترده و جریانات جزر و مدی قوی و انرژی موج و انباشتگی جانبی کم است. دلتاهای رودخانه‌ای ارد^۲ در استرالیا، ایندوس^۳ در پاکستان، کلرادو در امریکا و گنگ- براهماپوترا در بنگلادش از جمله این دلتاها هستند.

پ. ۱-۵-۳- دلتاهای مخلوط رودخانه‌ای و کشندی

این نوع از دلتاها توسط امواج و جریان به صورت تواما تحت تاثیر قرار می‌گیرند. جریانات جزر و مدی از کانال‌های رودخانه‌ای پرشده با ماسه و شکاف‌های^۴ جزر و مدی که تقریباً به طور طبیعی در امتداد سواحل گسترش یافته‌اند شکل می‌گیرند، اما ماسه رودخانه‌ای توسط امواج، توزیع مجدد یافته و ترکیبی از پشته‌های ماسه‌های ساحلی و موانع را به موازات ساحل شکل می‌دهند. این دلتاها در نواحی یافت می‌شوند که دارای انرژی موج متوسط تا زیاد و انباشتگی جانبی کم هستند. مثال‌های این نوع دلتاها عبارتند از: مکونگ^۵ در ویتنام، ایراودی^۶ در برمه و دانوب در رومانی.

پ ۱-۵-۴- دلتاهای ساحلی

این نوع از دلتاها به صورت مرداب، خلیج‌های دهانه باز^۷ یا خورهایی هستند که تحت حفاظت ساحل یا موانع ساحلی قرار دارند. آنها دارای بدنه‌های انگشتی شکل ماسه‌ای هستند. وجود انرژی متوسط امواج و با شیب‌های ساحلی کم از ویژگی دلتاهای ساحلی به شمار می‌رود. دلتاهای رودخانه برازوس^۸ در تگزاس، آپالاشیکولا^۹ در فلوریدا و هورتون^{۱۰} در کانادا از جمله آنها محسوب می‌شوند.

پ- ۱-۵-۵- دلتاهای ماسه‌ای رودخانه زاد^{۱۱}

این نوع از دلتاها توسط امواج، دوباره توزیع شده تا صفحات ماسه‌ای وسیع را شکل دهند. این دلتاها توسط انباشتگی جانبی زیاد ماسه و دشت‌های دلتایی که شامل پشته‌های ساحلی نیز می‌باشند، مشاهده می‌شوند. نهشته‌های سدی پخش شده در کنار دهانه رودخانه‌ها باعث دانه‌بندی مجدد آنها شده و به وسیله امواج، مجدداً وارد منطقه ساحلی می‌شوند. این نوع دلتاها در جاهایی توسعه پیدا

-
- 1- Distributary
 - 2- Ord
 - 3- Indus
 - 4- Creaks
 - 5- Mekong
 - 6- Irrawaddy
 - 7- Bays
 - 8- Brazos
 - 9- Apalachicola
 - 10- Horton
 - 11- River-Born

می‌کنند که انرژی موج، متوسط تا زیاد و دایمی بوده و میزان به جاگذاری آنها کم و شیب‌های دور از ساحل آنها متوسط تا تند است. مثال‌های این نوع دلتاها عبارتند از دلتاهای رودخانه‌ای سانفرانسیسکو^۱ در برزیل، کریبالوا^۲ در مکزیک و گوداواری^۳ در هندوستان.

پ. ۱-۵-۶- دلتاهای موج چیره

سواحل موج چیره، موجب تشکیل دلتاهایی می‌شوند که به طور کامل توسط امواج توسعه پیدا می‌کنند. آنها شامل دماغه‌های کوچکی به موازات ساحل هستند که کانال‌های آن دایما توسط مواد ریز دانه پر می‌شوند. این دلتاها را می‌توان در محیط‌های امواج قوی با حمل و نقل ساحلی و شیب‌های ساحلی تند مشاهده کرد. مثال‌های آن شامل دلتای رودخانه سنگال، شولهوان^۴ در استرالیا و تومپت^۵ در مالزی است.

در تبیین ویژگی‌های مورفودینامیک دلتاها بررسی واحدهای فیزیوگرافی و واحدهای اراضی از منظر زمین‌شناسی و خاک‌شناسی حایز اهمیت زیادی است و این‌گونه مطالعات برای شناسایی ویژگی‌ها و منشای مواد انتقال یافته به مناطق دلتایی می‌تواند کاربرد زیادی داشته باشد.

پ. ۱-۶- انتقال رسوب در دلتاها

در مجموع ریخت‌شناسی دلتاها تحت تاثیر دو عامل مهم یعنی میزان رسوبات وارد شده به محدوده دلتا توسط رودخانه و میزان انرژی موجود در محدوده رسوب‌گذاری، که باعث حرکت مجدد و انتقال رسوبات درون آن می‌گردد، تعیین می‌شود [۱۵]. برای تشکیل یک دلتا وجود رسوبات انتقال یافته توسط رودخانه به اندازه کافی لازم است. مطالعات انجام شده بر روی رسوبات دلتاهای عهد حاضر نشان می‌دهد که سه عامل اصلی در مقدار رسوب وارد شده به محدوده موثر است [۱۵]:

۱- میزان سالیانه رسوب وارد شده به محدوده که تاثیر آن در تشکیل برخی از دلتاها مانند دلتای رودخانه آمازون و کنگو خیلی کم است

۲- نسبت بار بستر (ماسه و شن) به بار معلق (رس و سیلت) رودخانه

۳- تغییرات فصلی که باعث ورود رسوبات بیش‌تری در بعضی مواقع سال به درون حوضه می‌شود

به طور کلی آب و هوا و نوع سنگ‌های موجود در ابتدای حوضه در میزان رسوبات وارد شده به حوضه موثر هستند. فرآیندهایی که موجب حرکت و جابجایی رسوبات در داخل حوضه می‌گردد شامل انرژی جزر و مد، انرژی جریان‌های درون حوضه‌ای و انرژی امواج است.

جریان‌های دایمی اقیانوسی موجب حرکت ذرات ریز معلق در آب می‌گردد و پس از کاهش شدت جریان، در محیطی آرام آنها را رسوب می‌دهد. این ذرات دانه‌ریز بعد از رسوب‌گذاری، رسوبات قسمت انتهایی دلتا را می‌سازند.

1- San Francisco
2- Grijalva
3- Godavari
4- Shoalhavan
5- Tumpat

انرژی امواج دایمی و جریان‌های حاصل از باد و طوفان موجب حرکت رسوبات می‌شود و جورشدگی آنها را بهتر می‌کند، زیرا حرکت امواج باعث جدایی ذرات دانه ریز از ذرات دانه درشت می‌شود و آنها را به درون دریا حمل می‌کند. در کل امواج و جریان‌های دریایی به موازات ساحل موجب می‌شوند تا رسوبات ماسه‌ای بیش‌تر به فرم گسترده و یا پهن به موازات ساحل رسوب نمایند. جریان‌های جزر و مدی باعث حرکت رسوبات دانه درشت (به فرم کششی) و دانه ریز (به فرم معلق) می‌گردد و پس از کاهش انرژی، رسوبات دانه درشت را در پهنه‌های زیر جزرو مدی و بین ناحیه جزر و مدی درون کانال‌ها رسوب می‌دهد. به علت این‌که رسوبات دلتایی بر روی سطح شیب‌دار رسوب می‌کنند ممکن است مقداری از رسوبات بر اثر نیروی جاذبه به طرف پایین حرکت نمایند.

به‌طور کلی امواج و جریان‌های جزر و مدی بیش‌تر از سایر فرآیندهای دریایی در تشکیل ریخت‌شناسی دلتاها موثر هستند. از نظر تشکیلات رسوب‌گذاری و منطقه به جاگذاری رسوبات، سه قسمت اصلی در هر دلتا قابل تشخیص است که هر یک از این واحدها دارای اختصاصات و ویژگی‌های خاص از نظر انتقال، نوع مواد انتقال یافته و به جاگذاری رسوبات هستند. سه منطقه مذکور تحت عناوین منطقه علیا^۱، پیشانی^۲ و تحتانی^۳ نامیده می‌شوند که ویژگی هر یک از آنها عبارتند از [۳۹]:

۱- بسترهای تحتانی از رسوبات معلق تشکیل می‌شود که انرژی خود را از دست می‌دهد در جایی از جریان رودخانه به داخل دریا و یا دریاچه به جا گذاشته می‌شوند. بار معلق انتقال یافته به خارجی‌ترین بخش در درون آب نسبت به سایر انواع رسوب، کدری یا تیرگی یا گل آلودگی^۴ را ایجاد می‌کنند. این بسترها به صورت لایه‌های افقی قرار گرفته و شامل ریزترین اندازه ذرات می‌شود.

۲- بسترهای رسوبی در روی تحتانی‌ترین بخش توسعه دلتا شکل می‌گیرد. این قسمت شامل بار بستری است که رودخانه حمل کرده و دربرگیرنده رسوبات درشت‌تری است که در امتداد کانال اصلی می‌غلطد.

۳- بسترهای علیایی که روی قسمت پیشانی قرار می‌گیرد و شامل لایه‌های افقی رسوبات اندازه کوچک‌تر است که کانال اصلی رودخانه به جای دیگری انتقال یافته و ذرات بزرگ‌تر بار بستر به جا گذاشته می‌شود. همچنان که کانال‌ها در عرض قسمت بالای دلتا جابجا می‌شوند، بار بستر در بسترهای افقی روی قسمت فوقانی به جا گذاشته می‌شوند.

1- Topset
2- Foreset/Frontset
3- Bottomset
4- Turbidity

پیوست ۲

معرفی دلتاهای ایران و طبقه‌بندی
ریخت‌شناسی آنها

پ.۲-۱- کلیات

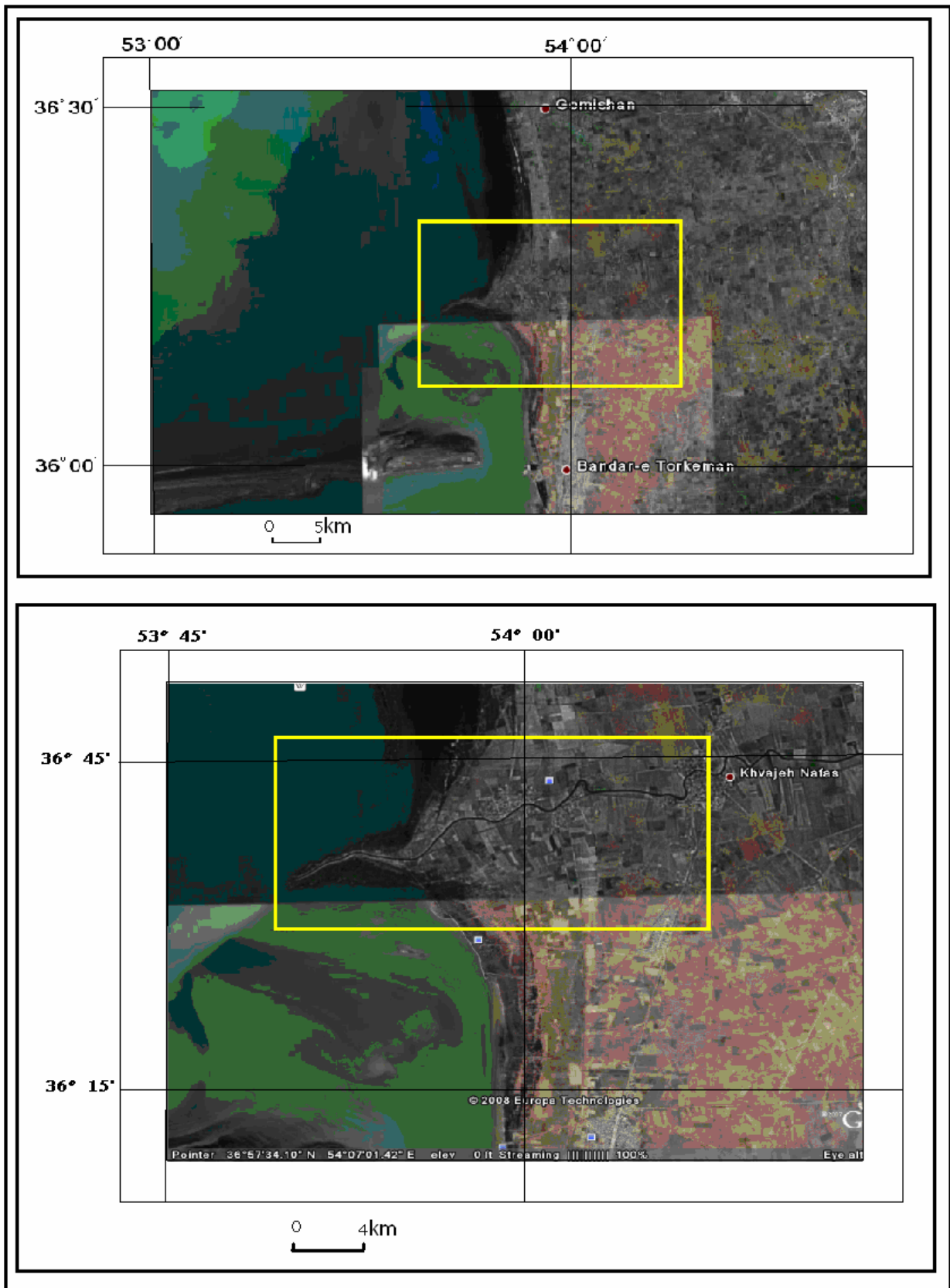
کشور ایران دارای بیش از ۳۰۰۰ کیلومتر خط ساحلی در شمال و جنوب کشور است که به دلیل تنوع در اقلیم، زمین‌شناسی، جریان‌های رودخانه‌ای و فرآیندهای ساحلی، شکل‌های متفاوت ریخت‌شناسی در آنها تشکیل شده است. تنوع این شکل‌ها در سواحل کشور باعث می‌شود که مطالعه ریخت‌شناسی آنها از اهمیت خاصی برخوردار باشد. بهره‌برداری‌های مختلف از سواحل شمال و جنوب کشور به شکل‌های مختلف، از جمله فعالیت‌های گردشگری، نفت و گاز، صید و صیادی، تجاری، کشاورزی، صنعتی و غیره باعث اهمیت مطالعات ریخت‌شناسی سواحل کشور می‌گردد. از جمله مهم‌ترین اشکال ریخت‌شناسی سواحل کشور، دلتاها هستند که تحت تاثیر عوامل مختلف شکل گرفته و تحول پیدا نموده‌اند. در مطالب زیر ویژگی‌های مهم‌ترین دلتاهای کشور مورد بررسی قرار گرفته است. بدون شک مطالعه جامع هر یک از دلتاهای کشور نیازمند طرح‌های مستقلی است که به صورت تفصیلی مسایل و ویژگی‌های مختلف آنها را بررسی نماید.

پ.۲-۲- دلتاهای مهم ایران

پ.۲-۲-۱- دلتای بزرگ گرگان رود

این دلتا در سواحل استان گلستان از استان‌های سواحل شمال کشور قرار دارد. رودخانه گرگان با آورد بده متوسط ۴۴۷/۸ میلیون مترمکعب و غلظت رسوبی تا ۵ کیلوگرم در مترمکعب، وارد ساحل شرقی دریای خزر می‌شود [۱۳]. این رودخانه در محدوده آق قلا در دشتی نسبتاً هموار با شیب ملایم و دیوار و بستر فرسایش‌پذیر جریان دارد و با خود بار معلق فراوانی را حمل می‌کند. رسوب‌گذاری در مصب آن تابعی از بده رودخانه و امواج جریان دریایی است.

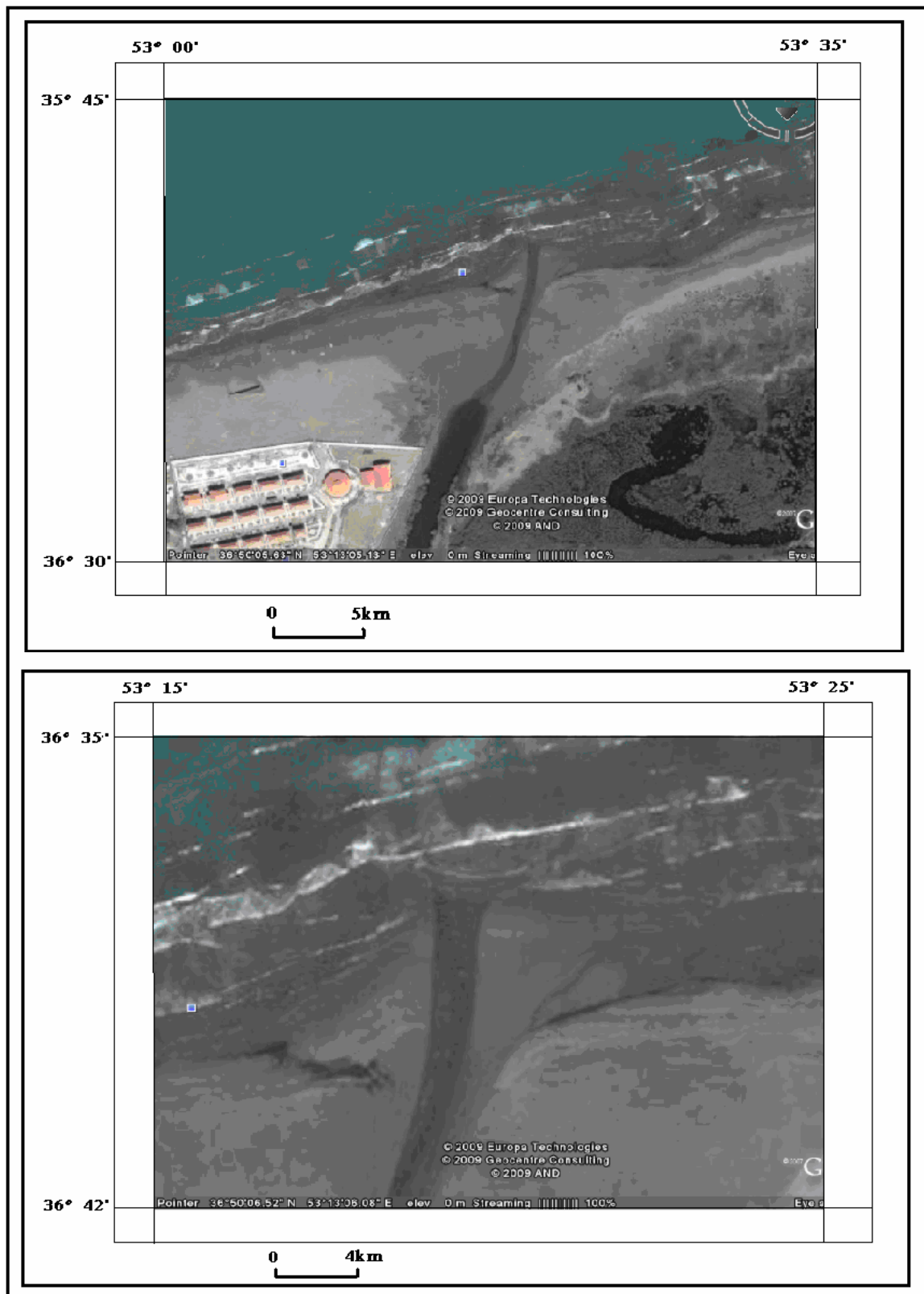
مطالعات نشان می‌دهد که دلتای رودخانه گرگان رود در رده دلتاهای با سازندگی بالا و تحت تاثیر فرآیندهای رودخانه‌ای (آبرفتی) قرار دارد [۱۳]. شکل این دلتا تقریباً مخروطی شکل کشیده بوده و یک کانال اصلی دارد (شکل پ.۲-۱). این دلتا دارای شیب بسیار ملایم در قسمت بالای دلتا بوده و دشت وسیع سیلابی پوشیده از نیزار اطراف کانال اصلی توسعه یافته است. رسوبات بستر و دشت سیلابی این رودخانه رس و سیلت تا مخلوط رس و سیلت با ماسه است و در قسمت انتهایی، رسوبات ترکیبی از سیلت و رس با تداخل‌های ناچیز ماسه دارند. بار رسوبی این رودخانه نقش مهمی در تغییر هیدروگرافی بستر شرقی دریای خزر و خلیج گرگان دارد. پیشروی دلتا یکی از موانع اصلی حمل و نقل دریایی این مناطق به شمار می‌رود.



شکل پ. ۱-۲- دلتای رودخانه گرگان رود در دو مقیاس مختلف (تصاویر از Google Earth)

پ. ۲-۲-۱- دلتای گهرباران (نکا رود)

این دلتا در مصب رود نکا در استان مازندران قرار دارد. دلتای مذکور از اشکال برجسته فعالیت آب‌های جاری در ساحل خزر محسوب می‌شود [۱۶]. همان‌طور که تصاویر شکل (پ. ۲-۲) نشان می‌دهد، این دلتا به صورت عارضه کوچکی در حال پیشروی در داخل دریای خزر است. با توجه به آورد رسوب کمی که این رودخانه دارد فرآیند ساخت دلتا و توسعه آن چندان که به‌نظر می‌رسد فعال نیست ولی در عین حال تصویر شکل مذکور نشان می‌دهد که فرآیند تولید و انتقال رسوب به داخل دریای خزر نسبت به فعالیت امواج غلبه دارد و به همین جهت باعث شکل‌گیری دلتا گردیده است. وسعت خشکی در کناره سمت راست دلتا نیز بیانگر فعالیت وسیع آن در گذشته بوده که به‌وجود آورنده سطح قابل توجهی گردیده است.



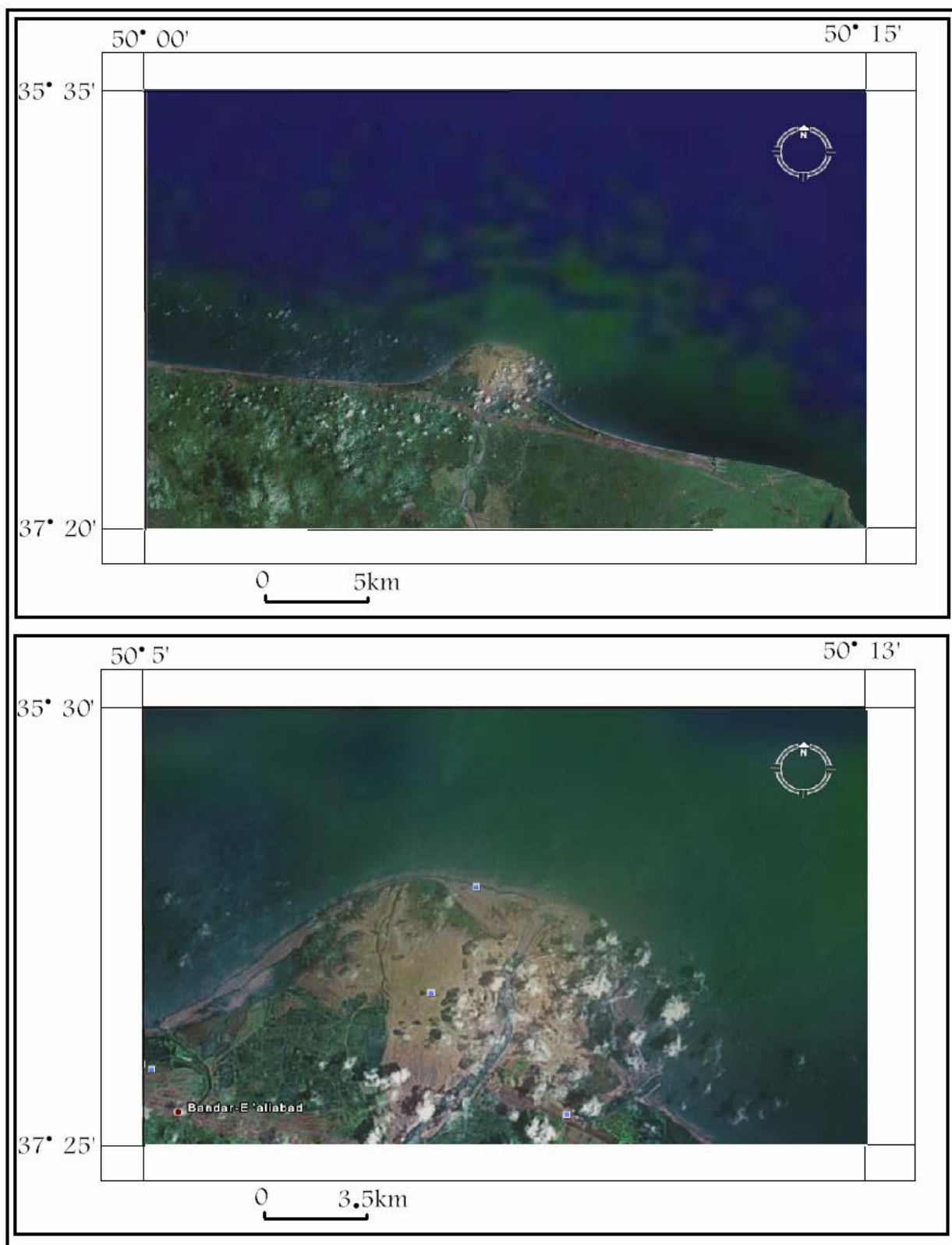
شکل پ.۲-۲- دلتای گهرباران در مصب رود نکا در دو مقیاس مختلف (تصاویر از Google Earth)

پ. ۲-۲-۳- دلتای سفیدرود

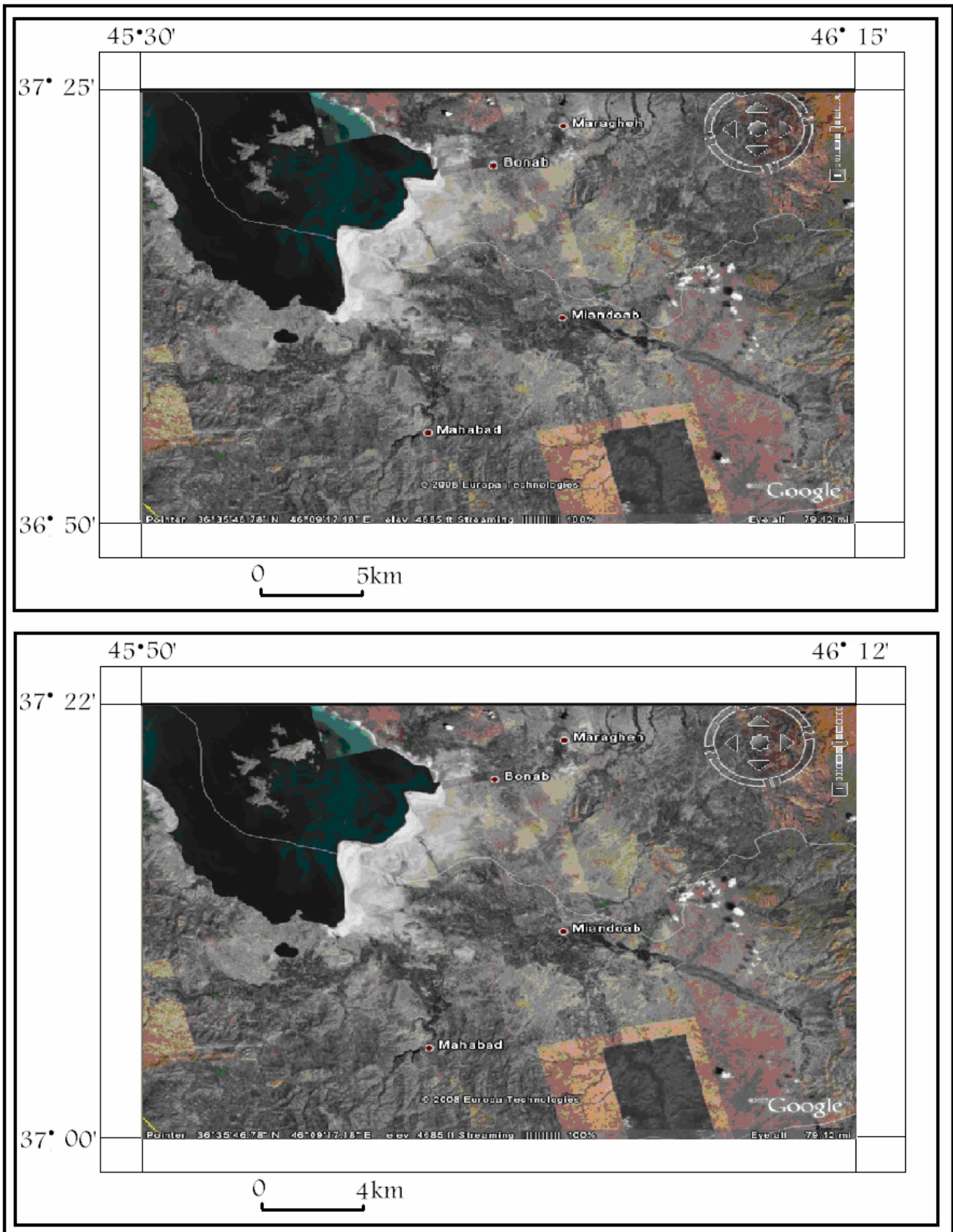
دلتای سفیدرود بزرگ‌ترین دلتای ایرانی در سواحل جنوبی دریای خزر است که طی دو میلیون سال گذشته شکل گرفته است. به دلیل بسته بودن دریای خزر، روند دلتاسازی آن با دریا‌های آزاد متفاوت است و مطالعات عیوضی و همکاران [۴] نشان می‌دهد که جابجایی دهانه نقش موثری در روند تکامل دلتا داشته، اما به تدریج میزان جابجایی آن کم‌تر شده است. حوضه آبریز سفیدرود مقدار زیادی رسوب تولید کرده که بخش اعظم آن وارد رودخانه سفیدرود شده و به صورت بار معلق و بار بستر حمل می‌شود. بخشی از این رسوبات به طور مستمر در حاشیه رودخانه رسوب کرده و شکل‌های ریخت‌شناسی خاصی را ایجاد می‌کند. میانگین بده سفیدرود در محل ایستگاه رودبار ۱۰۸/۵ مترمکعب در ثانیه گزارش شده است [۱۹]. مساحت دلتای سفیدرود حدود ۱۳۵۰ کیلومتر مربع است و در امتداد شرقی- غربی از شرق تالاب انزلی تا شمال چمخاله لنگرود و در امتداد جنوبی- شمالی از جنوب امامزاده هاشم تا شمال بندر کیشهر کشیده شده است. این دلتا از شمال و شرق به دریای خزر، از غرب به تالاب انزلی و از جنوب به دره سپیدرود، ارتفاعات البرز غربی و تالش جنوبی محدود می‌شود. بیش‌ترین پهنای دلتا از رشت تا چمخاله ۵۸ کیلومتر و طول آن از جنوب امامزاده هاشم تا دلتای فعال کنونی در شمال بندر کیشهر ۵۸ کیلومتر و طول خط ساحلی دلتایی حدود ۸۲ کیلومتر است. بالاترین نقطه ارتفاعی در راس دلتا حدود ۱۱۵ متر و کم‌ترین آن منطبق بر خط ساحلی دریای خزر ۲۶/۵- متر است. حوضه آبریز سفیدرود بزرگ‌ترین رود سازنده دلتا حدود ۵۷۸۸۰ کیلومتر و ریخت‌شناسی آن در محدوده دلتا به صورت شریانی و پیچانرودی است. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که اگرچه فرآیند تشکیل دلتای سفیدرود به دلیل ساخت سد سفیدرود از نوع فرآیندهای امواج، و نقش فرآیندهای رودخانه‌ای در حال حاضر نسبتاً اندک است، اما تغییرات سطح آب دریای خزر در تحول این دلتا بسیار موثر بوده است [۴]. شکل (پ. ۲-۳) نشان دهنده مشخصات ظاهری دلتای سفیدرود بر روی تصاویر ماهواره‌ای در دو مقیاس مختلف است.

پ. ۲-۲-۴- دلتای زرینه‌رود

دلتای زرینه‌رود با وسعتی بالغ بر ۱۰۰۰ کیلومتر مربع در جنوب شرق دریاچه ارومیه و در محل تلاقی زرینه‌رود و سیمینه‌رود واقع گردیده است (شکل پ. ۲-۴). این دلتا از نظر اقتصاد کشاورزی و زیست محیطی از اهمیت زیادی برخوردار است. این دلتا در منطقه همواری با شیب کم در جنوب شرقی دریاچه ارومیه بین رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود با ارتفاع متوسط ۱۲۷۵ متر از سطح دریا‌های آزاد گسترش یافته است. این دلتا عمدتاً دشت میاندوآب را در بر می‌گیرد و از شرق توسط ارتفاعات بلند محدود می‌گردد. رودخانه‌های مهمی در دلتای زرینه‌رود وجود دارد که می‌توان به زرینه‌رود، سیمینه‌رود، لیلان چای، تلخ رود، آجرلو، قوری چای و مردق چای اشاره نمود که بخشی از حوضه آبریز دریاچه ارومیه محسوب می‌شوند. رودهای زرینه‌رود و سیمینه‌رود که در جهت جنوب شرقی به شمال غربی جریان دارند در ایجاد بزرگ‌ترین دلتای پیرامون دریاچه ارومیه یعنی دلتای زرینه‌رود بیش‌تر از رودخانه‌های دیگر نقش دارند.



شکل پ. ۲-۳- تصویر ماهواره‌ای دلتای سفیدرود در دو مقیاس مختلف (تصاویر از Google Earth)

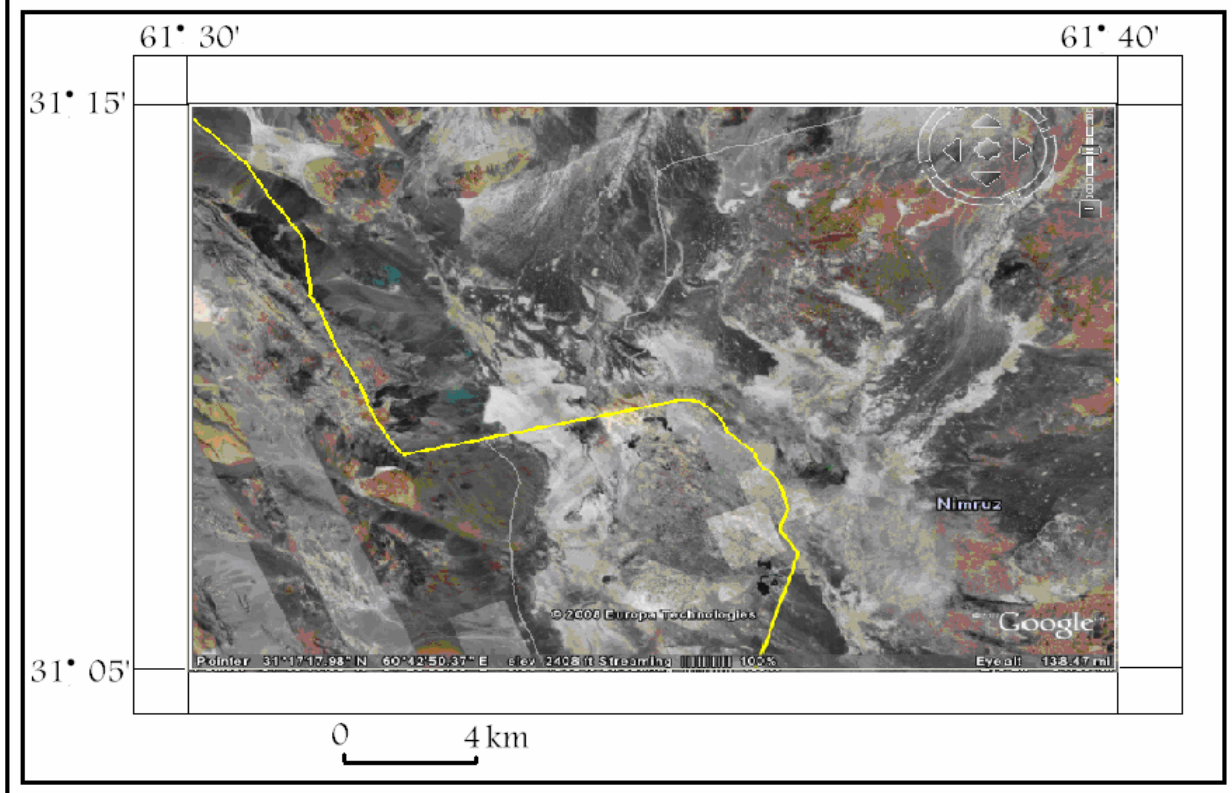
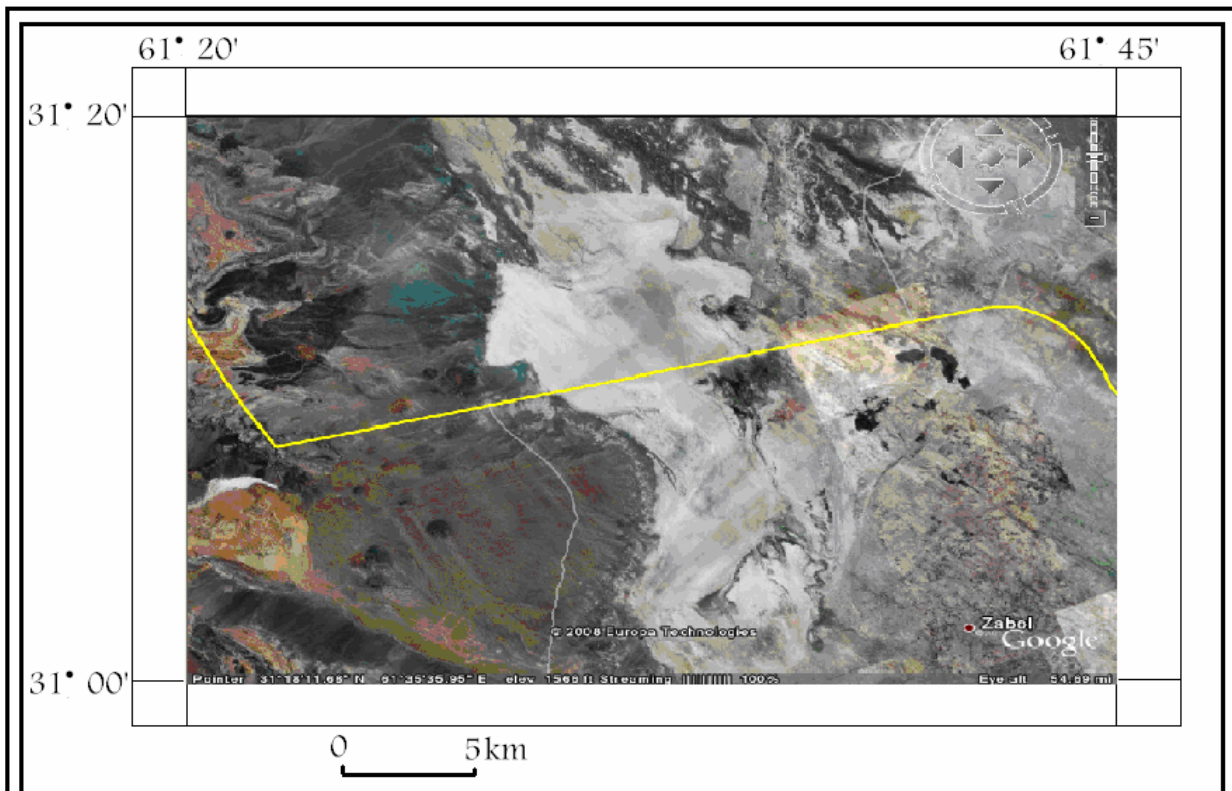


شکل پ.۲-۴- تصویر ماهواره‌ای دلتای زرينه‌رود در دو مقیاس مختلف (تصاویر از Google Earth)

پ.۲-۲-۵- دلتای هیرمند

رودخانه هیرمند به عنوان مهم‌ترین رودخانه در شرق کشور که از کوه‌های هندوکش افغانستان سرچشمه می‌گیرد، با آورد متوسط سالانه ۴٫۶ میلیارد مترمکعب در نهایت به هامون سیستان می‌ریزد. در مصب این رودخانه، دلتای کاملاً وسیعی شکل گرفته است. اگرچه با توجه به کم شدن حجم آورد جریان از طرف رودخانه هیرمند به داخل کشور ایران، به دلیل انحراف و ذخیره آب توسط دولت افغانستان و خشک‌سالی سال‌های اخیر، باعث گردیده این دلتا به تدریج اهمیت خود را از دست دهد اما شواهد نشان می‌دهند که دلتای حاصل از رودخانه هیرمند در گذشته فعالیت خیلی وسیعی داشته و تحولات آن تابعی از جریان رودخانه هیرمند بوده است. یکی از مسایل مهم سیاسی ایران در طی سال‌های اخیر، تعیین رژیم حقوقی هیرمند بوده است. هرچند مرزهای بین‌المللی میان ایران و افغانستان در میانه شاخه اصلی هیرمند در شرایط کنونی مورد پذیرش دو کشور است، ولی نحوه تقسیم آب هیرمند، نحوه بهره‌برداری از آن در منطقه و سایر حقوق مربوط به این رودخانه همچنان لاینحل باقی مانده است [۹].

شکل (پ.۲-۵) نشان دهنده مشخصات ظاهری این دلتا روی تصاویر ماهواره‌ای است.



شکل پ. ۲-۵- تصویر ماهواره‌ای دلتای رودخانه هیرمند در دو مقیاس مختلف (تصاویر از Google Earth)

پ.۲-۲-۶- دلتای زاینده‌رود

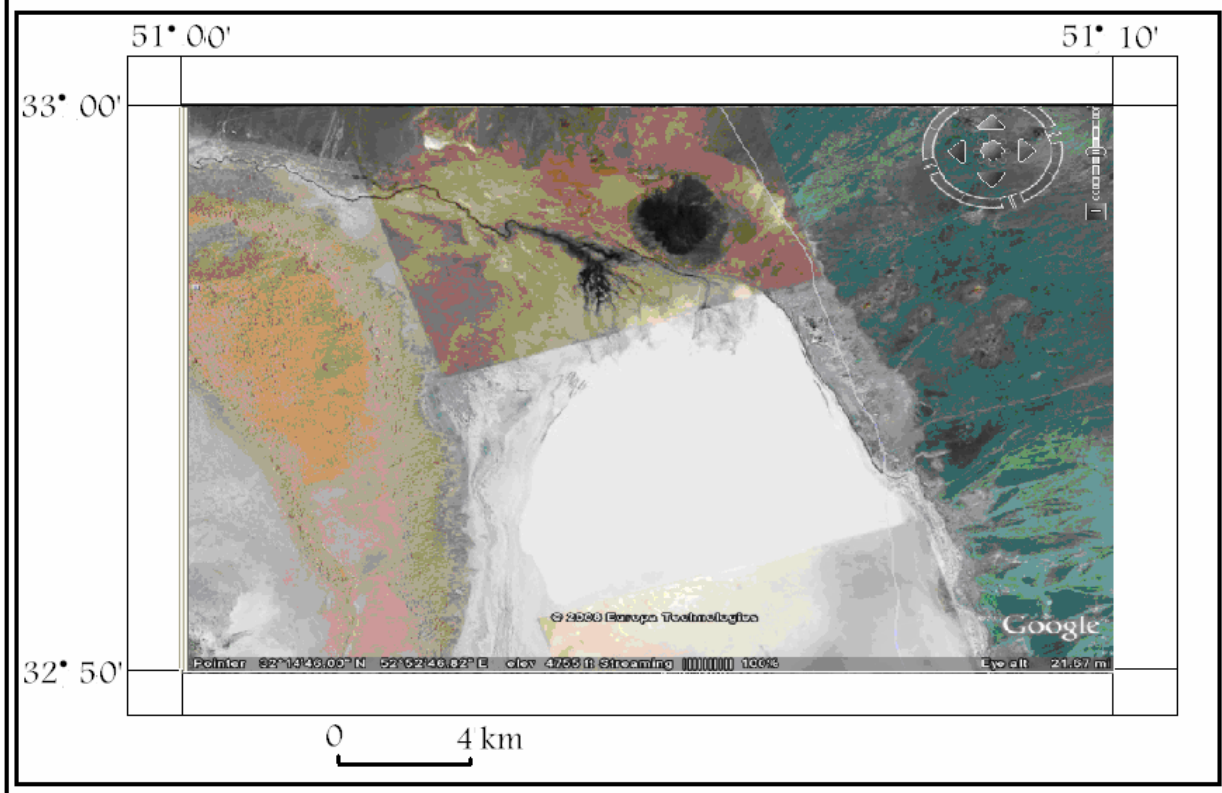
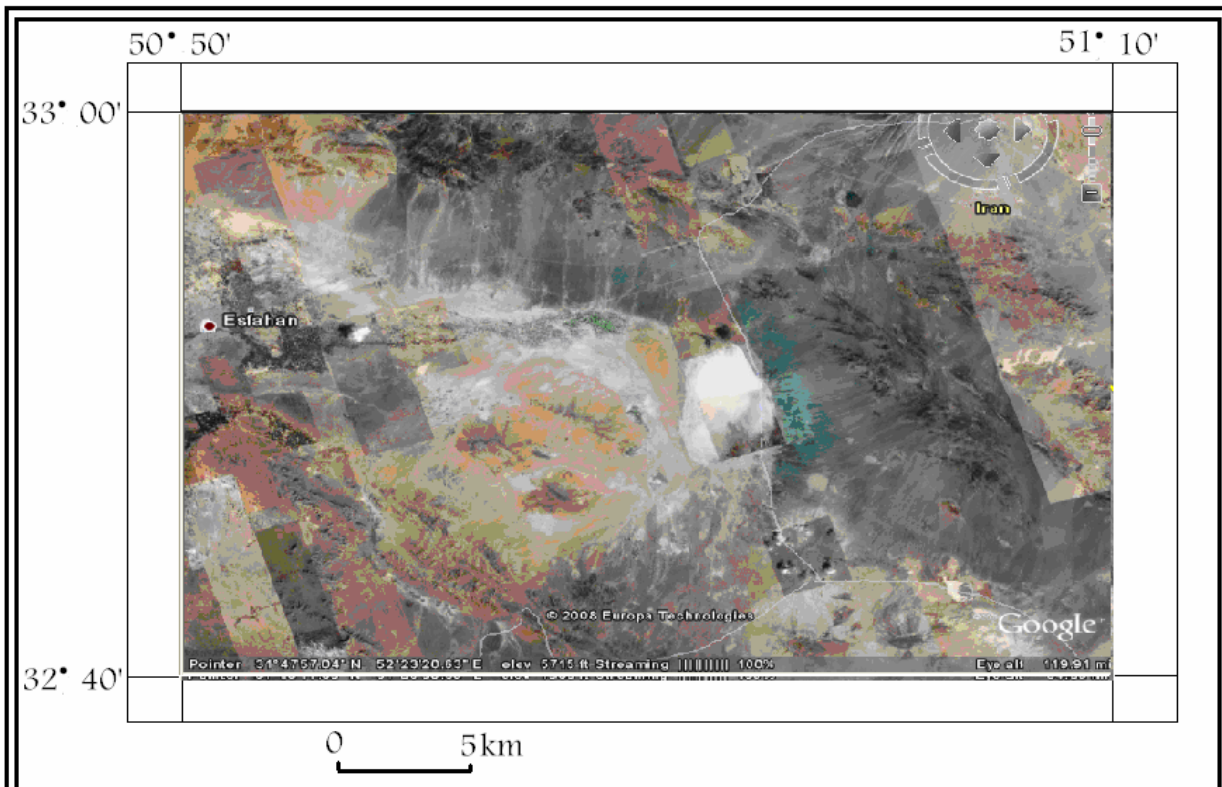
این دلتا در حوضه باتلاق گاوخونی قرار دارد. حوضه باتلاق گاوخونی از طرف جنوب و غرب به کوه‌های زاگرس و هفت تنان محدود می‌شود و به سبب نزدیکی به کوه‌های زاگرس بارش قابل توجهی را دریافت می‌کند، به طوری که بارش متوسط سالانه در ارتفاعات غرب حوضه از حدود ۱۵۰۰ میلی‌متر در چلگرد و ۲۲۰ میلی‌متر در سد زاینده‌رود به ۵۰ میلی‌متر در باتلاق گاوخونی تغییر می‌نماید. در بخش جنوبی مقدار بارش مجدداً به ۱۵۰ میلی‌متر می‌رسد.

رودخانه زاینده‌رود از جمله مهم‌ترین رودخانه‌های واقع در حوضه مذکور محسوب می‌شود. بده میانگین این رودخانه در ایستگاه پل زمان خان حدود ۲۸ مترمکعب در ثانیه اندازه‌گیری شده است [۱۹]. این رودخانه پس از مشروب نمودن دشت اصفهان به مصب خود، باتلاق گاوخونی می‌رسد. باتلاق گاوخونی به وسیله جریاناتی مانند جریان بزرگ زاینده‌رود و جریانات فصلی ایزدخواست، مسیل‌های کوهپایه، سگری و رودخانه خشکه رود تغذیه می‌شود، از این رو دلتاهای زیادی حواشی باتلاق گاوخونی شکل گرفته است که بزرگ‌ترین آنها دلتای زاینده‌رود می‌باشد. دلتای زاینده‌رود که شهر اصفهان بر روی آن شکل گرفته و به صورت مثلثی است که راس آن به سمت غرب و قائده آن به سمت شرق قرار دارد. همان‌طور که شکل (پ.۲-۶) نشان می‌دهد بخش عمده‌ای از دلتای زاینده‌رود توسط نهشته‌های تبخیری پوشیده شده است که در هنگام سیلاب آنها را آب فرا می‌گیرد، بنابراین وسعت دلتا با تغییرات آب در این محدوده در نوسان می‌باشد و از سالی به سال دیگر دچار تغییر می‌شود.

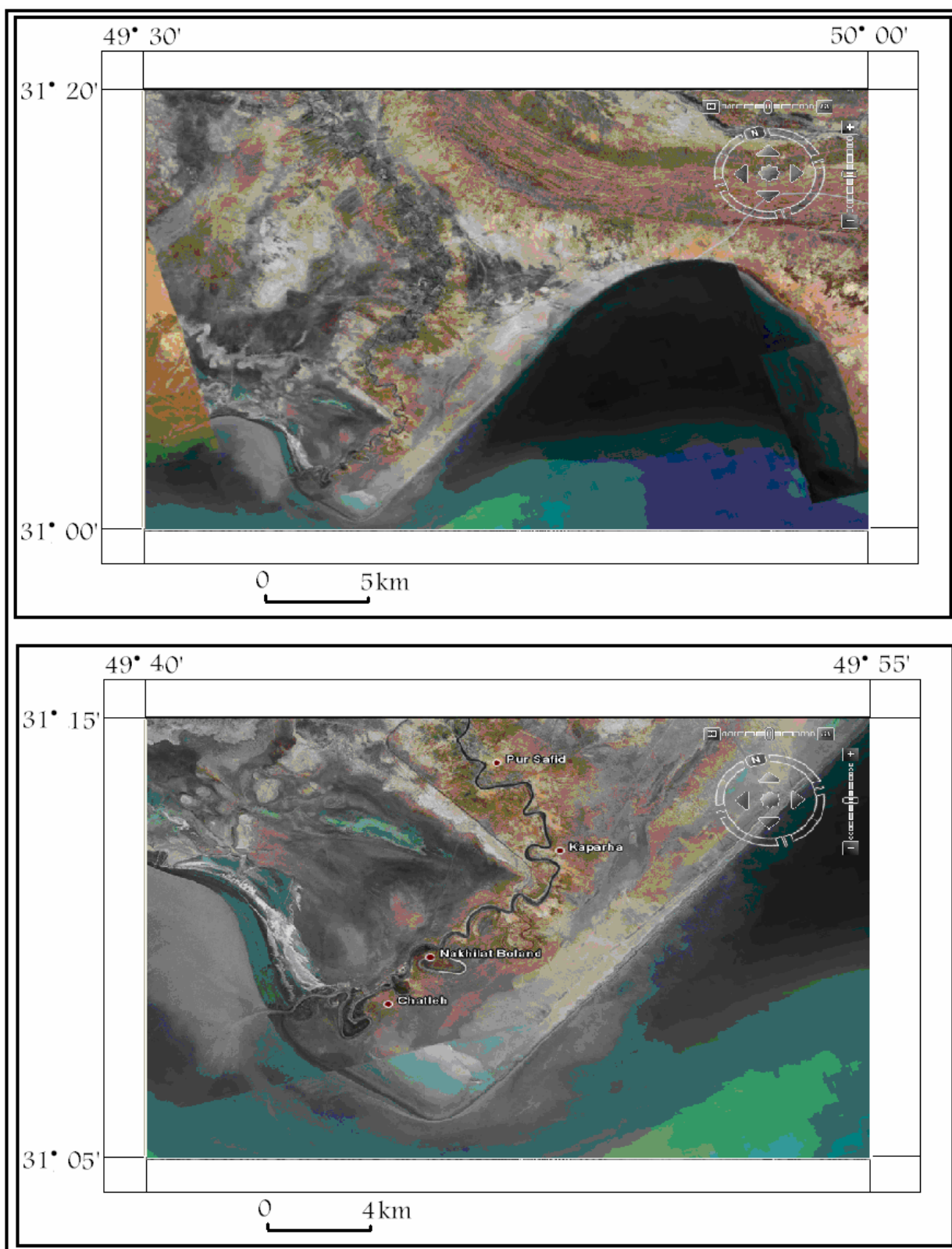
پ.۲-۲-۷- دلتای هندیجان

دلتای هندیجان در پیرامون رودخانه زهره در جنوب شهرستان هندیجان در شمال خلیج فارس واقع شده است. دلتای هندیجان یا رودخانه زهره در استان خوزستان یکی از دلتاهای فعال کشور است که همواره از نظر طرح‌های بازیافت اراضی مورد توجه بوده است [۳]. بده میانگین سالانه رودخانه زهره در محل ایستگاه بده‌سنجی گچساران ۳۷/۳ مترمکعب در ثانیه اندازه‌گیری شده است [۱۹]. این دلتا دارای ریخت‌شناسی دلتاهای رودخانه غالب بوده و آورد رسوب رودخانه‌ای نقش اساسی در شکل‌گیری آن داشته است. مطالعات نشان می‌دهند که در رودخانه هندیجان به عنوان مهم‌ترین رودخانه شکل دهنده دلتای هندیجان، رسوبات براساس جورشدگی هیدرولیکی نهشته شده‌اند، به طوری که بافت رسوبات از بالا دست رودخانه، ماسه‌ای، سپس سیلتی و در انتها در مصب رودخانه به گلی تغییر یافته است [۱۲].

شکل (پ.۲-۷) نشان دهنده موقعیت ظاهری این دلتا روی تصاویر ماهواره‌ای است.



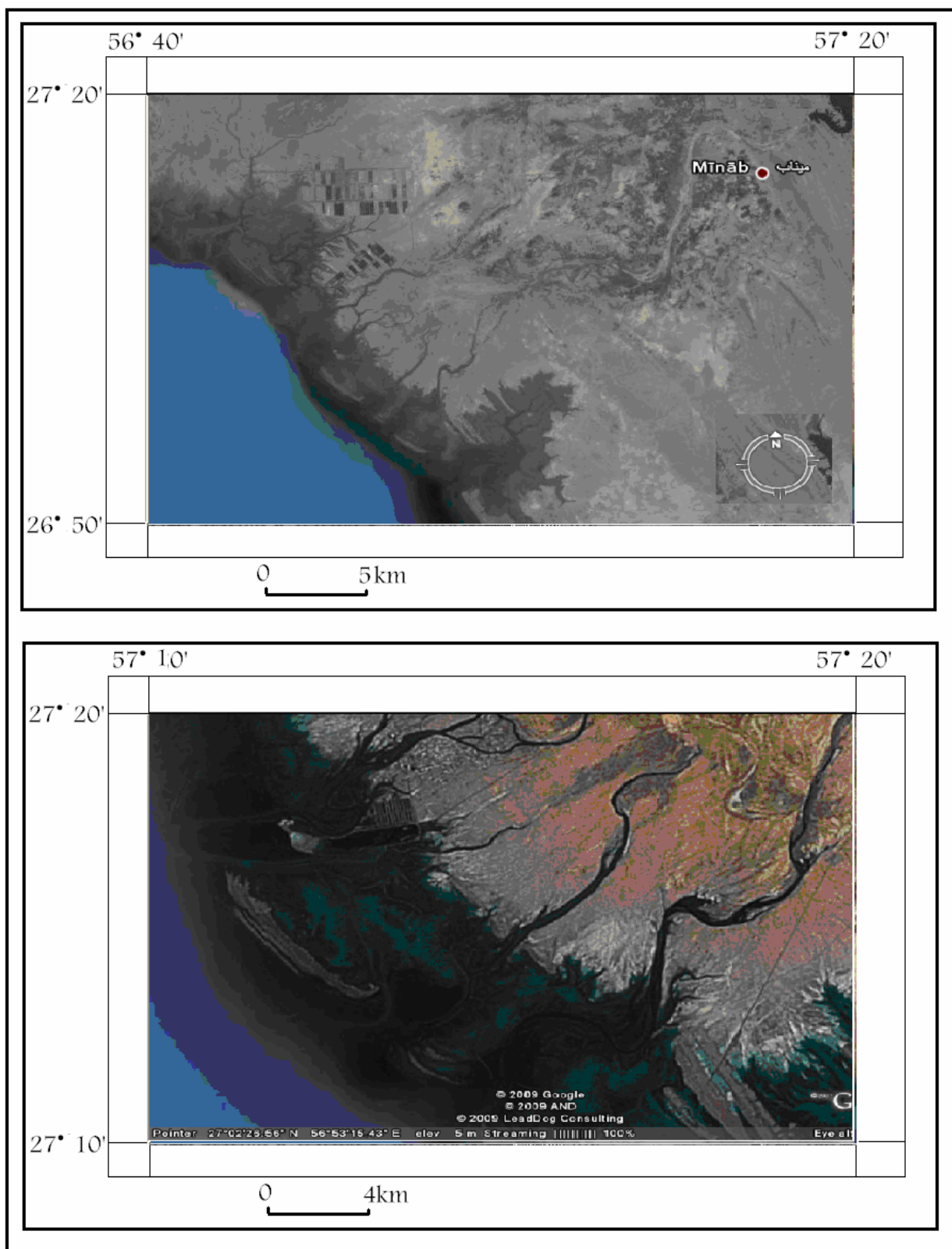
شکل پ.۲-۶- تصویر ماهواره‌ای دلتای زاینده‌رود در دو مقیاس مختلف (تصاویر از Google Earth)



شکل پ. ۲-۷- تصویر ماهواره‌ای دلتای رودخانه همدان در دو مقیاس مختلف (تصاویر از Google Earth)

پ.۲-۲-۸- دلتای میناب

این دلتا در شرق استان هرمزگان قرار گرفته و دلتای آن نتیجه فعالیت رودخانه میناب است. بر روی این رودخانه سدی ساخته شده است که آب‌های جاری از بالادست حوضه آبریز در آن ذخیره و مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حال حاضر به علت قطع کامل جریان‌های سرریزی سد میناب به پایین‌دست آن، نقش دریا در بخش‌های انتهایی این دلتا بیش‌تر است [۲۲]. شکل (پ.۲-۸) نشان دهنده دلتای میناب در محل مصب رودخانه میناب به خلیج فارس است. همان‌طور که در شکل نشان داده شده شهر میناب در شمال شرقی دلتای میناب قرار گرفته است.



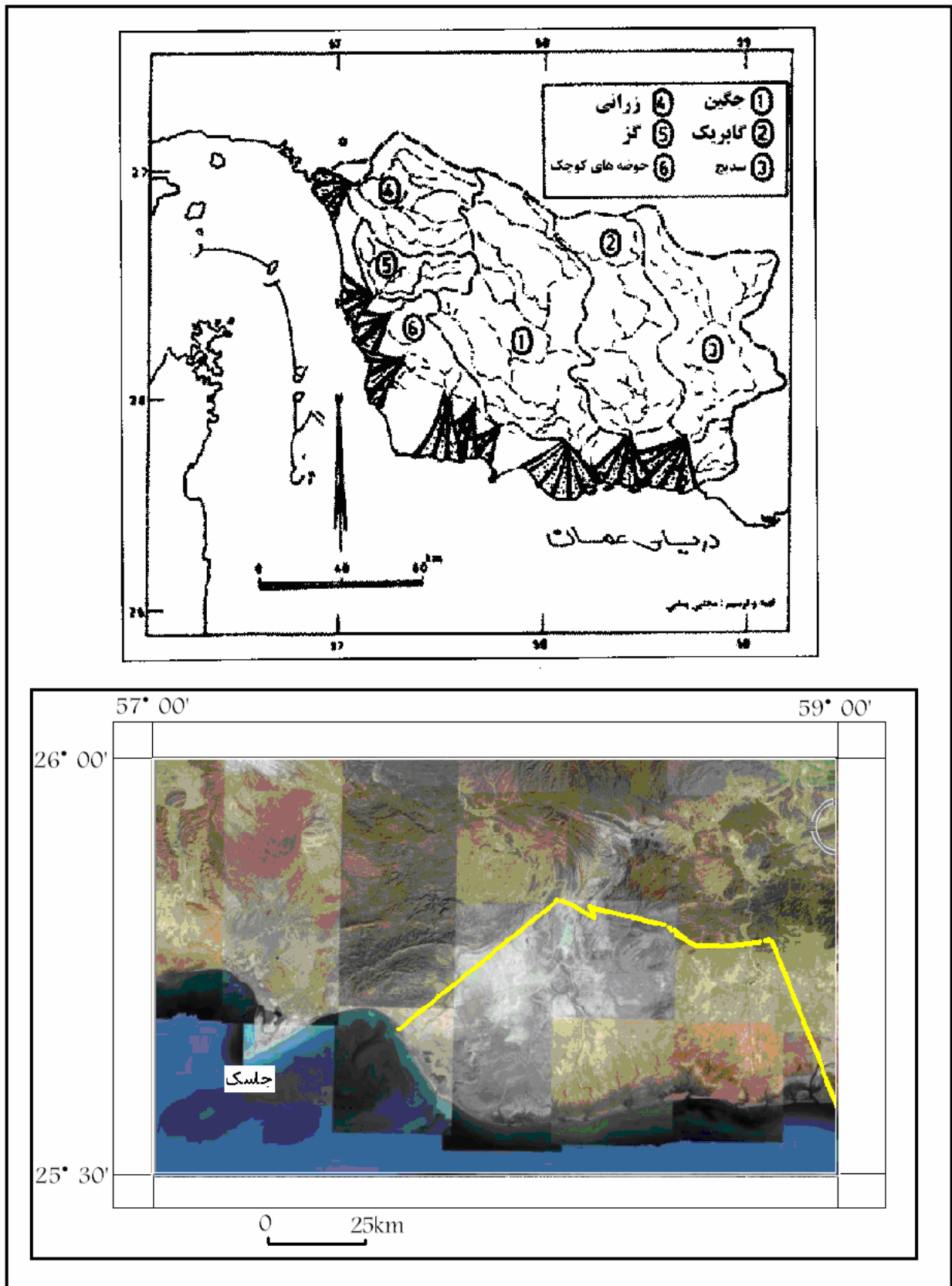
شکل پ.۲-۸- دلتای میناب در دو مقیاس مختلف (تصاویر از Google Earth)

پ.۲-۲-۹- دلتاهای جلگه ساحلی دریای عمان

مطالعات نشان می‌دهد که دلتاها جزو مهم‌ترین ویژگی‌های ریخت‌شناسی این منطقه است و توسعه آنها در سواحل دریای عمان به قدری چشمگیر است که قسمت‌هایی از جلگه ساحلی کنونی، در نتیجه به هم پیوستن حاشیه کناری دلتاهای مجاور هم ایجاد شده است. در مجموع بخش غربی جلگه عمان از حدود بندرعباس تا مجاور جاسک از نوع دلتایی محسوب می‌شود [۱۶]. شیب بسیار کم، سطح هموار، ریزدانه بودن رسوب‌ها، سستی رسوب‌ها، پهنای زیاد و شاخه شاخه بودن بستر زهکش در سطح دلتا از ویژگی‌های مشترک تمام دلتاهای غرب عمان است. وجود بار رسوبی جریان‌های سطحی در این منطقه به علت وجود رسوبات فلیشی و مولاسی از سوی و خصوصیات رگباری بارش‌های جوی از سوی دیگر باعث گردیده فرآیند تشکیل دلتا در این منطقه توسعه پیدا کند. به نظر یمانی [۲۳]، حجم رسوبات حمل شده توسط رودخانه‌های منطقه مانند جکین، گابریک، سدییج و... که بالغ بر ۱۳/۷ میلیون تن می‌گردد در تمام ایران بی‌نظیر است. همین ویژگی‌ها باعث گردیده تا سالانه حجم زیادی از مواد رسوبی ریزدانه به ساحل حمل شوند و در سطح دلتاها رسوب کنند. مجموعه دلتاهای این منطقه در شکل (پ.۲-۹) نشان داده شده است.

پ.۲-۲-۱۰- سایر دلتاهای کشور

علاوه بر دلتاهای مذکور، دلتاهای زیادی در کشور وجود دارند که از جمله آنها می‌توان به دلتای اروندرود در جنوب غرب کشور و دلتای بندر خمیر در مجاورت جزیره قشم اشاره نمود که در این گزارش امکان بررسی همه دلتاهای کشور به دلیل هدف گزارش حاضر وجود ندارد و در این گزارش صرفاً به معرفی اولیه مهم‌ترین آنها پرداخته شد. بحث بیش‌تر در خصوص دلتاهای ایران نیازمند گزارش جداگانه‌ای در این خصوص است. درعین حال تاکید می‌گردد که تهیه نقشه ریخت‌شناسی کشور از موضوعات مهمی است که باعث خواهد شد در آن دلتاهای کشور به صورت تفصیلی مورد بررسی قرار گیرد.



شکل پ. ۲-۹- دلتاهای منطقه ساحلی دریای عمان؛ بالا (نقشه)، پایین (تصویر ماهواره ای) [۲۳] (تصاویر از Google Earth)

پ.۲-۳- طبقه‌بندی دلتاهای کشور از دیدگاه ریخت‌شناسی

همان‌طور که قبلاً گفته شد دلتاها تحت تاثیر سه عامل مهم رودخانه، امواج و جزر و مد تشکیل و تحول پیدا می‌کنند. دلتاهای تشکیل شده در ایران نیز از این قاعده پیروی می‌کنند، دلتاهایی که در سواحل شمالی وجود دارند به دلیل نبود جزر و مد در دریای خزر عمدتاً تحت تاثیر عوامل رودخانه‌ای و یا امواج هستند. در دلتایی مانند دلتای سفید رود که در گذشته جزو دلتاهای رودخانه غالب بوده، امروزه به دلیل مهار جریانات رودخانه توسط سد سفیدرود نقش دلتای سفیدرود بیشتر تحت تاثیر امواج قرار گرفته و از این‌رو می‌توان آن را جزو دلتاهای امواج غالب قلمداد کرد. همین حالت در دلتای نکارود نیز قابل مشاهده است. در مقابل، دلتای گرگان رود تحت تاثیر رودخانه گرگان رود قرار داشته و بار رسوبی این رودخانه نقش اساسی را در تحول این دلتا برعهده دارد و به همین جهت این دلتا را می‌توان در گروه دلتاهای رودخانه غالب طبقه‌بندی نمود. با توجه به این موضوع پیشرفتگی دلتا در داخل دریای خزر بسیار مشهود است و باعث توسعه اراضی دلتایی به مرور زمان می‌گردد.

در سواحل جنوبی کشور نیز سه عامل اصلی یاد شده در تشکیل دلتاها دخالت داشته و دارد. بدین ترتیب که تحول دلتاها در این منطقه در بخشی از سال به دلیل رخداد بارش‌های ناگهانی، بار رسوبی رودخانه‌ها به یکباره افزایش پیدا کرده و منجر به رسوب‌گذاری مواد رسوبی در مصب رودخانه‌ها می‌گردد. بعد از انتقال رسوب به مناطق ساحلی، امواج و جزر و مد به صورت توأمان نقش جورشدهگی^۱ مواد رسوبی را برعهده دارند. با توجه به این موضوع می‌توان این دلتاها را به استثنای دلتای اروندرود که جزو دلتاهای رودخانه‌ای قلمداد می‌شود، در گروه دلتاهای ترکیبی قلمداد نمود. در عین حال باید خاطر نشان نمود که منشای اولیه برای پیدایش دلتاها در سواحل جنوبی کشور، رودخانه‌های جاری در این مناطق است.

هرچند که طبقه‌بندی اشکال دلتاهای ایران و تعیین گروه‌های مورفودینامیک آنها نیازمند مطالعات مستقل و عمیقی می‌باشد ولی در بررسی اولیه می‌توان ویژگی‌های دلتاهای یاد شده را به‌صورت زیر مطرح نمود:

- دلتای گرگان رود از نوع دلتاهای نوک تیز یا تیغه‌ای و در زمره دلتاهای شکل گرفته بر اثر فرآیندهای رودخانه‌ای می‌باشد. این دلتا از نظر رسوب‌شناسی از مواد ریز دانه و از نظر زمین‌شناسی نیز در روی آبرفت‌های حاصل از رودخانه گرگان‌رود شکل یافته است. از نظر آب و هوایی، دلتای گرگان رود در منطقه آب و هوایی نیمه مرطوب تا مرطوب قرار گرفته و رخداد بارش‌های نسبتاً سنگین با فراوانی زیاد از ویژگی‌های بارز آن به شمار می‌رود.
- دلتای نکارود از نوع دلتاهای گرد یا هلالی و جزو دلتاهای شکل گرفته بر اثر فرآیندهای امواج می‌باشد. این دلتا از نظر رسوب‌شناسی از مواد ریز دانه و از نظر زمین‌شناسی نیز در روی آبرفت‌های حاصل از رودخانه نکارود شکل یافته است. از نظر آب و هوایی نیز در منطقه آب و هوایی نیمه مرطوب تا مرطوب قرار گرفته و رخداد بارش‌های نسبتاً سنگین با فراوانی زیاد از ویژگی‌های بارز آن به شمار می‌رود.
- دلتای سفیدرود از نوع دلتاهای گرد یا هلالی و در زمره دلتاهای شکل گرفته بر اثر فرآیندهای امواج می‌باشد. این دلتا از نظر رسوب‌شناسی از مواد ریز دانه و از نظر زمین‌شناسی نیز در روی آبرفت‌های حاصل از رودخانه سفید رود شکل یافته

است. آب و هوایی مرطوب در این منطقه استیلا داشته و بیشترین بارش‌های کشور با حدود ۲۰۰۰ میلی‌متر در این منطقه رخ می‌دهد که نقش زیادی در انتقال رسوب به رودخانه‌های منطقه و در نهایت به منطقه دلتایی برعهده‌دارد.

– دلتای زرینه‌رود از نوع دلتاهای گرد یا هلالی و در زمره دلتاهای شکل گرفته بر اثر فرآیندهای رودخانه‌ای می‌باشد. این دلتا از نظر رسوب‌شناسی از مواد ریز دانه گلی و از نظر زمین‌شناسی نیز در روی آبرفت‌های حاصل از رودخانه زرینه رود شکل یافته است. از نظر آب و هوایی، دلتای زرینه رود در منطقه آب و هوایی نیمه خشک قرار گرفته و بارش‌های حدود ۳۰۰ میلی‌متر را دریافت می‌کند.

– دلتای هیرمند از نوع دلتاهای گرد یا هلالی و در زمره دلتاهای شکل گرفته بر اثر فرآیندهای رودخانه‌ای می‌باشد. این دلتا از نظر رسوب‌شناسی از مواد ریز دانه و از نظر زمین‌شناسی نیز در روی آبرفت‌های حاصل از رودخانه هیرمند نمود یافته است. از نظر آب و هوایی، دلتای هیرمند در منطقه آب و هوایی خیلی خشک قرار گرفته و علی‌رغم دریافت بارش خیلی کم در حدود ۲۰۰ میلی‌متر، رخداد بارش‌های رگباری با شدت زیاد در برخی از ایام سال از ویژگی‌های بارز آن به شمار می‌رود.

– دلتای زاینده‌رود از نوع دلتاهای گرد یا هلالی و در زمره دلتاهای شکل گرفته بر اثر فرآیندهای رودخانه‌ای می‌باشد. این دلتا از نظر رسوب‌شناسی از مواد ریز دانه و از نظر زمین‌شناسی نیز در روی آبرفت‌های حاصل از رودخانه زاینده رود شکل یافته است. از نظر آب و هوایی، دلتای زاینده رود در منطقه آب و هوایی خشک قرار گرفته و رخداد بارش‌های آن در حدود ۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد.

– دلتای هنديجان از نوع دلتاهای گرد یا هلالی و در زمره دلتاهای شکل گرفته بر اثر فرآیندهای ترکیبی رودخانه‌ای و امواج می‌باشد. این دلتا از نظر رسوب‌شناسی از مواد ریز دانه و از نظر زمین‌شناسی نیز در روی آبرفت‌های حاصل از رودخانه هنديجان شکل یافته است. از نظر آب و هوایی، دلتای هنديجان در منطقه آب و هوایی خشک قرار گرفته و رخداد بارش‌های رگباری در برخی از ایام سال از ویژگی‌های بارز آن به شمار می‌رود.

– دلتای میناب از نوع دلتاهای گرد یا هلالی و در زمره دلتاهای شکل گرفته بر اثر فرآیندهای ترکیبی رودخانه‌ای و امواج می‌باشد. این دلتا از نظر رسوب‌شناسی از مواد ریز دانه و از نظر زمین‌شناسی نیز در روی آبرفت‌های حاصل از رودخانه میناب شکل یافته است. از نظر آب و هوایی، دلتای میناب در منطقه آب و هوایی خشک قرار گرفته است.

– دلتاهای جلگه ساحلی دریای عمان از نوع دلتاهای گرد یا هلالی و در زمره دلتاهای شکل گرفته بر اثر فرآیندهای ترکیبی رودخانه‌ای و امواج می‌باشد. این دلتا از نظر رسوب‌شناسی از مواد ریز دانه و از نظر زمین‌شناسی نیز در روی آبرفت‌های حاصل از رودخانه متعدد جلگه ساحلی دریای عمان شکل یافته است. از نظر آب و هوایی، این دلتا در منطقه آب و هوایی خشک قرار گرفته و رخداد بارش‌های رگباری که حتی در مواردی کل بارش سالانه آن در یک روز نازل می‌شود نقش زیادی در انتقال رسوب ارتفاعات شمالی به مناطق دلتایی ساحلی برعهده دارد.

مجددا تاکید می‌نماید تقسیم‌بندی یاد شده یک تقسیم‌بندی اولیه بوده و برای تعیین ویژگی‌های هر یک از دلتاها، انجام مطالعات

تفصیلی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

پ.۲-۴- ملاحظات مدیریت دلتاهای کشور

با توجه به این که از نظر قانونی وزارت نیرو عهده‌دار تعیین حریم سواحل، دریاچه‌ها، تالاب‌ها و رودخانه‌ها است و از آنجایی که دلتاها بخشی از سواحل محسوب می‌شوند، لذا تعیین حریم واقعی برای دلتاها و آزادسازی آن از کاربری‌های مختلف، جلوگیری از توسعه ساخت و سازهای آبی و مطالعه روش‌های حفاظتی برای ساماندهی دلتاها، راهبرد مهمی برای نجات دلتاها می‌باشد که وزارت نیرو در کنار سایر ارگان‌های دولتی باید در این راستا تلاش نماید.

در همین رابطه طرح مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی کشور توسط سازمان بنادر و دریانوردی و با همکاری و هماهنگی ارگان‌های ذی‌ربط تهیه شده و هم‌اکنون مراحل تصویب قانون آن در دولت پیگیری می‌شود و در آینده نزدیک برای تصویب به مجلس شورای اسلامی ارسال خواهد گردید تا پس از تصویب به مرحله اجرا گذاشته شود. امید است با اجرایی شدن این طرح اقدام موثری برای حفاظت و بهره‌برداری مناسب از سواحل و به‌ویژه دلتاهای کشور صورت گیرد.

پیوست ۳

روش‌ها و رویکردهای مطالعات

پ.۳-۱- رویکردهای مطالعات

برای انجام مطالعات دلتاها محققین مختلف از روش‌ها و دیدگاه‌های متفاوتی استفاده می‌نمایند که این دیدگاه‌ها یا ناشی از زمینه تخصصی و یا نوع کاربرد مورد نیاز کاربر می‌باشد. انواع این رویکردها به شرح زیر است:

پ.۳-۱-۱- رویکرد زمین‌شناسی

در این رویکرد، مطالعه دلتاها، بیش‌تر بر مبنای تشکیلات زمین‌شناسی و مطالعه رسوب‌شناسی آنها صورت می‌گیرد. برای انجام این کار عمدتاً از روش‌های مطالعه زمین‌شناسی مانند دریافت اطلاعات گمانه‌ها و ترانسه‌های احتمالی از نقاط مختلف دلتاها و تفسیر آنها استفاده می‌شود. نتایج این گونه از مطالعات می‌تواند در زمینه بررسی منشای رسوبات دلتا و تاثیر آن بر تشکیل و تحولات دلتا در طی زمان‌های گذشته، اطلاعات ارزش‌مندی را ارائه نماید. تهیه نقشه زمین‌شناسی و تهیه مقاطع زمین‌شناسی از قسمت‌های مختلف دلتا از خروجی‌های این مطالعات محسوب می‌شود.

همچنین در این رویکرد پتانسیل و میزان فرسایش‌پذیری رخنمون‌های سنگی و آبرفتی حوضه آبریز رودخانه محل دلتا و تاثیر آن بر میزان بار رسوبی و دانه‌بندی و میزان درصد رس و کانی‌های فلدسپاتی رسوبات برای پیش‌بینی سرعت انباشت رسوب در دلتا مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن می‌تواند در زمینه شناسایی و بهره‌برداری از منابع شن و ماسه و سایر کانسارها مورد توجه قرار گیرد.

پ.۳-۱-۲- رویکرد اقلیمی

در رویکرد اقلیمی، مطالعات بیش‌تر بر روی وضعیت متغیرهای آب و هوایی مانند بارندگی و دما و تغییرات آنها در طی زمان‌های گذشته از طریق بررسی لوگ‌چاه‌ها متمرکز شده و نتایج این مطالعات می‌تواند اثرهای متغیرهای اقلیمی را در افزایش یا کاهش میزان رسوب‌گذاری، مورد بررسی قرار دهد. اطلاعاتی که در لوگ‌چاه‌ها ارائه می‌شود اطلاعاتی را در زمینه دانه‌بندی و نحوه رسوب‌گذاری در دوره‌های تاریخی گذشته، ارائه می‌دهد. به‌طور مثال وجود رسوبات ریزدانه رسی حکایت از شرایط رسوب‌گذاری در محیط دریاچه‌ای داشته و وجود رسوبات آبرفتی نشان دهنده حاکمیت عوامل رودخانه‌ای می‌باشد. در شرایطی که حجم رسوبات زیاد و دانه‌بندی آن مخلوطی از مواد دانه درشت در کنار مواد دانه ریز باشد بیانگر رخداد بارش‌های ناگهانی و وقوع سیلاب‌ها در گذشته می‌باشد. در مورد دما نیز می‌توان اطلاعات یاد شده را برداشت نمود از جمله این که در شرایط افزایش دما، تبخیر و ترقق افزایش پیدا کرده و نوع و میزان رسوب‌گذاری تحت تاثیر قرار خواهد گرفت و از این طریق می‌توان به دوره‌های خشک و مرطوب گذشته پی برد. امروزه با تعیین سن نمونه‌های برداشته شده از لوگ‌چاه‌ها نیز می‌توان اقلیم دیرینه را مشخص نمود.

پ.۳-۱-۳- رویکرد فرآیندهای دریایی

این رویکرد بیش‌تر روی مطالعه جریان‌های دریایی، امواج و جزر و مد، متمرکز شده و سعی دارد اثر متغیرهای مذکور را در شکل دلتاها بررسی و تحلیل نماید. جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مسیر جریان‌های دریایی، ارتفاع امواج و جهت آنها، ارتفاع جزر و مد و

رژیم شبانه روزی آن از جمله اطلاعات بسیار مهم در این زمینه تلقی می‌شود. تبیین ارتباط و اثر متغیرهای مذکور در فرآیند شکل گرفتن دلتا از موضوعات مورد توجه در این مطالعات محسوب می‌شود.

پ.۳-۱-۴- رویکرد فرآیندهای رودخانه‌ای

مطالعه رژیم رودخانه از نظر میزان بده و میزان رسوب و بررسی ارتباط آن با فرآیند تشکیل دلتا از عمده‌ترین محورهای مطالعه این رویکرد محسوب می‌شود. با توجه به نقش بسیار زیاد رودخانه در ساخت و شکل‌گیری دلتاها به‌ویژه برای دلتاهایی که از نوع رودخانه غالب هستند، این مطالعات از اهمیت زیادی برخوردار است. خوشبختانه آمار بده و رسوب اندازه‌گیری شده برای اغلب رودخانه‌ها این امکان را به کاربران مختلف می‌دهد تا با بررسی ویژگی‌های هیدرولوژیک آنها بتوان دلتاسازی را در پرتو فرآیندهای رودخانه‌ای بررسی و نتیجه‌گیری نمود. در مواردی که آمار جریان در اختیار نمی‌باشد محقق می‌باید بر مبنای بررسی رسوبات به جا گذاشته شده در منطقه و انجام آزمایش‌های مربوط و تفسیر آنها بتواند نقش فرآیندهای رودخانه‌ای را تبیین نماید. استفاده از روابط تجربی محاسبه جریان که عموماً بر مبنای ویژگی‌های فیزیوگرافیک حوضه‌ها صورت می‌گیرد می‌تواند در این زمینه کارساز باشد. روش شماره منحنی از جمله روش‌هایی است که توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا برای محاسبه بده در مکان‌های فاقد ایستگاه هیدرومتری ارائه شده است [۱۷].

پ.۳-۱-۵- رویکرد ترکیبی

در رویکرد ترکیبی نگاه جامعی به فرآیند تشکیل و تحول دلتا از دیدگاه‌های یاد شده می‌شود. این‌گونه مطالعات سعی دارد ارتباط بین همه فرآیندهای زمین‌شناسی، اقلیمی، دریایی و رودخانه‌ای را در فرآیند تشکیل و تحول دلتا بررسی نموده و نقش هر یک از آنها را مشخص نماید. به طور مسلم برای داشتن نگاه جامع، این مطالعات باید از روش‌های پیچیده‌تری برای تبیین ارتباط استفاده نماید.

پ.۳-۲- مقیاس مطالعات

مطالعات دلتاها می‌تواند در مقیاس‌های مختلف صورت گیرد که هر یک از آنها ویژگی‌ها و کاربردهای خاص خود را دارد. تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب مقیاس مناسب برای انجام مطالعات به کاربرد نتایج مطالعات ارتباط مستقیم داشته و در صورت نیاز به جزئیات بیش‌تر الزاماً باید از مقیاس‌های خرد استفاده نمود و برعکس. در مطالب زیر به بررسی این خصوصیات پرداخته می‌شود:

پ.۳-۲-۱- مقیاس کلان: الزامات و ویژگی‌های آن

مقیاس کلان که معمولاً دارای مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰ و یا بیش‌تر از آن است، تحت عنوان مقیاس ملی خوانده می‌شود. همان‌طور که از نام آن برمی‌آید نگاه این مقیاس، یک مقیاس کلی و یکپارچه است. برای مثال اگر کاربر در نظر داشته باشد در یک نگاه یکپارچه کل دلتاهای کشور را مطالعه نماید این مقیاس مورد تاکید قرار می‌گیرد. شکل‌های دلتاها، فرآیندهای ایجاد کننده دلتاها و طبقه‌بندی دلتاها از جمله مسائلی هستند که در این مقیاس می‌تواند مورد توجه قرار گیرند و بدیهی است که نتایج آن نیز از اعتبار کلی برخوردار بوده و در سطح مقیاس خرد قابلیت کاربرد را دارد. ابزارهای مختلفی در این سطح می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که

از جمله آنها می‌توان تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ متر، نقشه‌های شبکه رودخانه‌ها و نقشه زمین‌شناسی، نقشه‌های آب و هوایی و غیره در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰ اشاره نمود.

پ.۳-۲-۲- مقیاس متوسط: الزامات و ویژگی‌های آن

برای مطالعه دلتاها در سطح استانی می‌توان از مقیاس متوسط استفاده نمود. مقیاس کمی برای انجام این مطالعات ۱:۵۰۰۰۰ تا ۱:۲۵۰۰۰۰ می‌باشد که خوشبختانه نقشه‌های پایه توپوگرافی در این مقیاس در داخل کشور تولید و در اختیار کاربران مختلف قرار می‌گیرد. ابزارهای مورد نیاز برای انجام این مطالعات علاوه بر ابزارهای سطح کلان، استفاده از برخی اندازه‌گیری‌های زمینی نظیر لوگ چاه‌های اکتشافی برای حفر چاه‌ها و سایر اهداف مطالعاتی است.

پ.۳-۲-۳- مقیاس خرد: الزامات و ویژگی‌های آن

این سطح از مطالعات که تحت عنوان مطالعات محلی خوانده می‌شود، ارائه‌کننده نتایج بسیار جزیی برای انجام مطالعات است و نتایج آن برای اهداف برنامه‌ریزی توسعه همچون احداث بنادر مختلف، تاسیسات گردشگری، احداث کارخانه‌ها و غیره می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. مقیاس انجام این مطالعات از ۱:۱۰۰۰۰۰ تا ۱:۵۰۰۰۰۰ متفاوت بوده و برحسب دقت مطالعات می‌تواند تعیین شود. ابزارهای مورد نیاز برای انجام این مطالعات علاوه بر ابزارهای سطوح ملی و استانی نیازمند جمع‌آوری اطلاعات از منطقه مطالعاتی و انجام بازدیدهای میدانی است. اندازه‌گیری مقدار جزر و مد و اندازه‌گیری ارتفاع امواج از عمده‌ترین داده‌های مورد نیاز برای تعیین نقش فرآیندهای دریایی در پیدایش و تحول دلتا در این مقیاس است. از نظر داده‌های آب‌شناختی (هیدرولوژیکی)، جمع‌آوری داده‌های ایستگاه‌های بده‌سنجی و داده‌های سیلاب‌ها به همراه داده‌های رسوب رودخانه از ضرورت‌های اطلاعاتی به شمار می‌رود تا نقش پارامترهای رودخانه‌ای مشخص شود.

پیوست ۴

انجام مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها

پ. ۴-۱- جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز مطالعات

جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای بررسی ریخت‌شناسی دلتاها اولین مرحله از مطالعات محسوب می‌شود که در طی این مرحله اطلاعات پایه برای تفسیر ریخت‌شناسی فراهم می‌گردد. با توجه به ماهیت مختلف تشکیل و تحول دلتاها این اطلاعات از جنبه‌های مختلف جغرافیایی، تاریخی، هواشناسی، هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و غیره برخوردار است که در مطالب زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پ. ۴-۲- مطالعات جغرافیایی

مطالعات جغرافیایی مطالعات جامعی محسوب می‌شود که کلیه جنبه‌های مربوط به ویژگی‌های طبیعی، اقتصادی، انسانی، سیاسی و کالبدی را در برمی‌گیرد. از جمله مهم‌ترین ابعاد جغرافیایی، بررسی سکونتگاه‌های مختلف روی مناطق دلتایی و شیوه زندگی و معیشت آنها می‌باشد که خود بیانگر چگونگی بهره‌برداری از منابع موجود در دلتاها می‌باشد. ویژگی‌های طبیعی نیز از مهم‌ترین ابعاد این مطالعات محسوب می‌شود که اهمیت خاص خود را در انجام مطالعات ریخت‌شناسی دارند. در مجموع نتیجه مطالعات جغرافیایی به گونه‌ای صورت می‌گیرد که بتواند ارتباط متقابل بین انسان و محیط را بررسی و تبیین نماید تا از طریق آن بتوان برای مدیریت مناطق دلتایی برنامه‌ریزی مناسب را انجام داد.

اهم اطلاعات مورد نیاز در این زمینه عبارتند از:

- نقشه پراکندگی سکونتگاه‌های شهری و روستایی
- اطلاعات آماری جمعیت در طی دوره‌های سرشماری مختلف به منظور تعیین تحولات جمعیتی
- اطلاعات آماری از نحوه معیشت و اشتغال سکونتگاه‌ها به منظور تعیین میزان وابستگی آنها به منابع موجود در مناطق دلتایی
- اطلاعات مربوط به نقشه‌های خاک
- اطلاعات مربوط به نقشه پوشش گیاهی

پ. ۴-۳- مطالعات تاریخی

مطالعات تاریخی نیز از ابعاد مختلف برخوردار است و از طریق آن تحولات مناطق دلتایی در بستر زمان تشریح می‌گردد. برای مثال می‌توان به تحولات زمین‌شناسی از نظر وقوع رخداد‌های تکتونیکی مانند چین‌خوردگی‌ها، گسلش‌ها و یا وقایع هیدرولوژیکی مانند رخداد سیلاب‌های مخرب در بستر رودخانه‌های جاری در دلتاها اشاره نمود. مطالعات باستان‌شناسی از دیگر ابعاد مطالعات تاریخی محسوب می‌شود که وجود و تحول سکونتگاه‌ها را در دلتاها بررسی می‌نماید. با توجه به این موضوع نتایج مطالعات تاریخی قادر خواهد بود وقایع گذشته رخ داده در مناطق دلتایی را به تصویر بکشد و به‌طور مسلم این‌گونه مطالعات می‌تواند روند تغییرات و ابعاد آن را در آینده تشریح نماید. جمع‌آوری اسناد تاریخی و گزارش‌های تاریخی و برخی از سفرنامه‌ها نیز می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در اختیار محقق قرار دهد و به بازسازی چگونگی تحول دلتاها کمک نماید.

اهم اطلاعات موردنیاز در این زمینه عبارتند از:

- تهیه آمار سیل‌های رخ داده در شبکه آب‌های جاری و اثرهای آن در منطقه
- تهیه نقشه سکونتگاه‌های باستانی در منطقه دلتایی به منظور مقایسه و تبیین نقش شبکه‌های جریان در گذشته و حال
- جمع‌آوری کلیه گزارش‌های قدیمی از منطقه دلتایی به منظور بررسی اثرهای دلتا در گذشته

پ. ۴-۴- مطالعات هواشناسی و اقلیم

مطالعه هواشناسی به بررسی وضعیت آبی هوا در یک منطقه می‌پردازد، درحالی‌که آب و هواشناسی به بررسی وضعیت متوسط یا به عبارتی وضعیت غالب آب و هوا می‌پردازد. مطالعات هواشناسی از اجزای زیادی برخوردار است که مطالعه دما، بارش، رطوبت نسبی، تبخیر، تابش و غیره از مهم‌ترین آنها محسوب می‌شود [۱۱]. اهمیت مطالعات هواشناسی و آب و هواشناسی امروزه به دلیل تغییرات آب و هوایی اتفاق افتاده بسیار بیش‌تر از گذشته است و مطالعات متعددی برای بررسی اثر تغییرات آب و هوایی روی دلتاها صورت گرفته است.

اهم اطلاعات موردنیاز در این زمینه عبارتند از:

- جمع‌آوری داده‌های درازمدت پارامترهای بارش، دما، رطوبت و... ایستگاه‌های سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران‌سنجی در مقیاس‌های زمانی مختلف
- جمع‌آوری داده‌های شدت، مدت و کمیت رگبارها
- مطالعات هواشناسی و آب و هواشناسی در بررسی دلتاها لازم است برای کل حوضه آبریز صورت گیرد.

پ. ۴-۵- مطالعات هیدرولوژیکی

این مطالعات بخش عمده‌ای از مطالعات مربوط به مطالعه دلتاها را به لحاظ اهمیت آن تشکیل می‌دهد. بررسی میزان بده جریان‌های رودخانه و ویژگی‌های آن از عمده‌ترین نوع مطالعات هیدرولوژیکی می‌باشد. علاوه بر آن مطالعه نظام یا شکل آبراهه‌های تشکیل شده در دلتاها از مطالعات اولیه آن محسوب می‌شود. شکل و نظام آبراهه‌ها می‌تواند اطلاعات ارزش‌مندی را در خصوص نوع و میزان نفوذپذیری تشکیلات زمین‌شناسی موجود در مناطق دلتایی در اختیار کاربر قرار دهد. این نوع نظام‌ها از شکل‌های متفاوتی برخوردار هستند.

اهم اطلاعات موردنیاز در این زمینه عبارتند از:

- جمع‌آوری آمار هیدرومتری جریان شبکه رودخانه‌های مختلف جاری در منطقه دلتایی
- جمع‌آوری بده سیلاب‌ها به همراه هیدروگراف سیلاب‌های مشاهده شده
- جمع‌آوری داده‌های فیزیوگرافیک و مشخصات هندسی حوضه‌های آبریز مشرف به دلتای مورد مطالعه
- تهیه عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی به منظور استخراج نظام آبراهه‌ای
- رژیم انتقال رسوب و نسبت بار بستر به بار معلق

پ. ۴-۶- مطالعات هیدرولیکی

مطالعات هیدرولیکی به بررسی شکل و ویژگی‌های هندسی بستر جریان رودخانه می‌پردازد. نوع جدار بستر و شکل هندسی آن نقش تعیین کننده در انتقال حجم معینی از جریان دارد. از این رو لازم است در مطالعه دلتاها شکل و مشخصات هندسی بستر رودخانه‌های جاری در مناطق دلتایی بررسی شود تا از آن در مورد ویژگی‌های جریان و سایر مشخصات هیدرولوژیکی نتیجه‌گیری شود.

اهم اطلاعات مورد نیاز در این زمینه عبارتند از:

- جمع‌آوری ویژگی‌های هندسی بستر جریان در منطقه دلتایی
- جمع‌آوری آمار موج در مناطق ساحلی دلتا
- جمع‌آوری آمار جزر و مد در مناطق ساحلی دلتا

پ. ۴-۷- مطالعات هیدرودینامیکی

هیدرودینامیک علم مطالعه سیالات در حال حرکت به روش تحلیلی و ریاضی است. این علم با در نظر گرفتن اصول بقای جرم، انرژی و مومنتم سعی در قانونمند نمودن حرکت سیال و حل مسایل متنوع آن دارد. منطقه ساحلی منطقه‌ای است که تحت تاثیر انرژی باد، جریان رودخانه، امواج و جریان‌های دریایی دایما در حال تغییر و تحول است. همه عوامل یاد شده جزو سیالات محسوب شده و از این رو علم هیدرودینامیک درصدد تفسیر و تحلیل نقش هریک از آنها در مناطق ساحلی و سازه‌های موجود در آن مطابق با روش ریاضی است و در این زمینه از مدل‌های مختلفی استفاده می‌نماید [۳۳]. داده‌های مورد نیاز در این قسمت همان داده‌های هیدرولوژیک و هیدرولیک است که با شیوه ریاضی و بر مبنای معادلات مربوط تحلیل می‌شود.

پ. ۴-۸- مطالعات صحرایی یا میدانی

این گونه مطالعات که روی مناطق دلتایی با بازدیدهای زمینی صورت می‌گیرد می‌تواند برای کنترل موضوعاتی که پیش‌تر در مطالعات دفتری مشخص شده است صورت گیرد. جمع‌آوری نمونه‌های آزمایشگاهی از آب رودخانه و آب مناطق ساحلی، نمونه‌های رسوب و یا نوع خاک مناطق دلتایی در اعماق مختلف از جمله مواردی است که می‌تواند در مطالعات میدانی انجام پذیرد.

اهم اطلاعات مورد نیاز در این زمینه عبارتند از:

- تهیه آمار موقعیت مناطق نمونه‌برداری شده با استفاده از دستگاه تعیین موقعیت جهانی
- تهیه و ثبت مشخصات کاربری اراضی در منطقه دلتایی

پ. ۴-۹- مطالعات برنامه‌ریزی برای پایش

در برخی موارد لازم است که نمونه‌های جدیدی علاوه بر اطلاعات موجود از مناطق مطالعاتی جمع‌آوری شود. برای مثال رخداد بارش و یا جریان رودخانه در مقاطع زمانی مختلف اندازه‌گیری و ثبت شود. این اطلاعات می‌تواند در تحلیل وضعیت موجود و آتی

دلتاها به منظور مدیریت جوانب مختلف آن مورد استفاده قرار گیرد. ثبت تغییرات رخ داده در پوشش گیاهی یا جوامع مرتعی، ثبت تغییرات سطح آب دریا، میزان فرسایش خاک و غیره همه از مواردی هستند که در برنامه پایش مناطق دلتایی می‌تواند مورد توجه قرار گرفته و براساس یک برنامه زمان‌بندی در مکان مورد نظر به جمع‌آوری و ثبت داده‌ها اقدام نمود.

اهم اطلاعات موردنیاز در این زمینه عبارتند از:

- تهیه عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای مربوط به دوره‌های گذشته به منظور مقایسه با وضعیت حاضر
- تهیه فهرست مناطق نشانه برای انجام پایش‌های دوره‌ای

پ. ۴-۱۰- مطالعات زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی

مطالعات زمین‌شناسی طیف گسترده‌ای از مطالعات را دربر می‌گیرد که از جمله اجزای این مطالعات بررسی انواع تشکیلات زمین‌شناسی در حوضه آبریز مشرف به دلتا است و همچنین بررسی پتانسیل فرسایش رخنمون‌های حوضه آبریز در رابطه با میزان رسوب وارد شده به دلتاها است. علاوه بر این بررسی گسل‌های موجود در منطقه از نظر فعال بودن و غیر فعال بودن دارای اهمیت زیادی است که در مطالعات مربوط به دینامیک منطقه دلتایی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

مطالعات ژئوتکنیکی در برگیرنده مطالعات جامعی است که عمدتاً به بررسی ساختارهای درونی زمین و مقاومت اجزای تشکیل دهنده آن زیر لایه خاک سطحی می‌پردازد. برای انجام این کار گمانه‌های متعددی با عمق‌های مختلف حفر می‌شود و تشکیلات زیر قشری با روش‌های خاص استخراج و پس از انتقال به آزمایشگاه تخصصی ژئوتکنیک، آزمایش‌های متعددی روی آنها صورت می‌گیرد و نتایج آن به صورت گزارش در اختیار کاربران قرار می‌گیرد. در مطالعات مناطق دلتایی، داشتن اطلاعات از ویژگی تشکیلات زیر قشر سطحی می‌تواند به شناسایی چگونگی تحول دلتاها در ادوار گذشته کمک نماید. کسب اطلاعات در خصوص چگونگی رسوب‌گذاری در مناطق دلتایی از مهم‌ترین نتایج مطالعات ژئوتکنیک محسوب می‌شود.

اهم اطلاعات مورد نیاز در این زمینه عبارتند از:

- نقشه تشکیلات زمین‌شناسی موجود در منطقه
- نقشه پتانسیل فرسایش تشکیلات زمین‌شناسی
- نقشه گسل‌های موجود در منطقه و ویژگی‌های فعالیت هر یک
- تهیه لوگ چاه‌ها و حفاری‌های صورت گرفته در مناطق مختلف دلتا
- جمع‌آوری مطالعات ژئوسایزیک و ژئوالکترونیک صورت گرفته در مناطق دلتایی

پ. ۴-۱۱- مطالعه تاثیر فعالیت انسانی

مناطق دلتایی همواره در معرض تغییرات زیادی هستند. بخشی از این تغییرات حاصل فرآیندهای طبیعی مانند جریان رودخانه و جریان آب دریا است و بخشی از آنها حاصل تغییراتی است که توسط انسان به منظور استفاده از منابع موجود در این مناطق صورت می‌گیرد. بررسی این نوع فعالیت‌ها و چگونگی رخداد آن در محیط‌های دلتایی با توجه به این که موجب تغییر در ریخت‌شناسی دلتاها می‌گردد ضرورت دارد. فعالیت‌هایی که توسط انسان در این محیط‌ها صورت می‌گیرد در سه گروه زیر قابل مطالعه است:

پ. ۴-۱۱-۱- فعالیت‌های مهندسی رودخانه

فعالیت‌های مهندسی رودخانه به منظور ساماندهی بهره‌برداری و کاهش خطرات ناشی از دینامیک رودخانه، مطالعه و به‌مورد اجرای گذاشته می‌شود. تغییر مسیر رودخانه، احداث کانال‌های آبرسانی، ایجاد سدهای مخزنی و سدهای انحرافی از مهم‌ترین این فعالیت‌ها محسوب می‌شود. انجام این فعالیت‌های عمرانی باعث تغییر در میزان آب و رسوب وارد شده توسط رودخانه به منطقه دلتایی می‌گردد و در نتیجه در ریخت‌شناسی دلتا بسیار تاثیرگذار است. به‌طور مثال احداث سد مخزنی آسوان روی رودخانه نیل تغییرات ریخت‌شناسی و زیست محیطی متعددی را به دنبال داشته است که موضوع مطالعات متعددی بوده است [۲۷]. با توجه به این موضوع، مطالعه فعالیت‌های مهندسی رودخانه انجام گرفته در منطقه دلتایی پیش از انجام آنها برای پیش‌بینی تغییرات احتمالی و تبعات آن در این مناطق ضرورت دارد. مطالعه و احداث تاسیسات تغذیه مصنوعی و کانال‌های آبیاری و زهکشی از ابعاد دیگر فعالیت‌های مهندسی رودخانه به شمار می‌رود که در ایجاد تغییرات در محیط‌های دلتایی نقش زیادی دارد.

اهم اطلاعات موردنیاز در این زمینه عبارتند از:

- جمع‌آوری موقعیت و نوع تاسیسات و ابنیه فنی احداث شده در رودخانه‌های منطقه دلتا
- جمع‌آوری کلیه شواهد تغییرات بستر رودخانه‌ها در طی دوره‌های گذشته

پ. ۴-۱۱-۲- فعالیت‌های مهندسی سواحل و بنادر

استفاده از سواحل مناطق دلتایی به منظور احداث موج‌شکن، بندر و اسکله نیز از جمله فعالیت‌های مهندسی سواحل و بنادر محسوب است که می‌تواند این مناطق را تحت تاثیر قرار دهد. از مهم‌ترین نقش این‌گونه سازه‌های ساحلی، تغییر در میزان انتقال نرخ رسوب توسط آب‌های ساحلی است که در مواردی به پسروری ساحل در یک قسمت و پیشروی آن در قسمت دیگر منجر می‌شود و بدین ترتیب ریخت‌شناسی این منطقه را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

اهم اطلاعات موردنیاز در این زمینه عبارتند از:

- جمع‌آوری موقعیت و نوع تاسیسات و ابنیه فنی احداث شده در مناطق ساحلی دلتا
- جمع‌آوری کلیه شواهد پیشروی و یا پسروی دریا در مناطق ساحلی

پ. ۴-۱۱-۳- فعالیت‌های توسعه مناطق ساحلی

علاوه بر دو گروه فعالیت پیش گفته شده، مناطق ساحلی برای انواع اهداف توسعه مانند توسعه شهرهای موجود، احداث شهرهای جدید، ایجاد مناطق گردشگری، ایجاد هتل‌ها و استراحتگاه‌های مختلف و غیره مورد توجه بوده و هستند. این‌گونه فعالیت‌ها همانند فعالیت‌های مهندسی رودخانه و مهندسی سواحل و بنادر می‌تواند چهره مناطق دلتایی را تغییر داده و ریخت‌شناسی آن را دگرگون نمایند. ارزیابی نقش فعالیت‌های توسعه‌ای در فرآیند توسعه و تحول مناطق دلتایی می‌تواند در تعیین نقش فرآیندها موثر باشد.

اهم اطلاعات مورد نیاز در این زمینه عبارتند از:

- جمع‌آوری موقعیت و نوع تاسیسات و ابنیه فنی گردشگری و یا بهره‌برداری از منابع موجود در دلتا

- جمع‌آوری کلیه برنامه‌های توسعه مناطق ساحلی در آینده

پ.۴-۱۲- مطالعات مدل‌سازی

مدل‌سازی به این مفهوم است که از آنچه که در طبیعت مشاهده می‌شود نمونه کوچک شده آن در آزمایشگاه یا رایانه ساخته شود. مدل‌سازی انواع مختلفی دارد که مدل‌سازی مفهومی، مدل‌سازی ریاضی، مدل‌سازی فیزیکی و مدل‌سازی رقومی از مهم‌ترین انواع آنها محسوب می‌شوند. ساخت مدل‌های فیزیکی از جنس پلاستیک، گچ، چوب و نظایر آن برای برخی از پروژه‌های مهندسی از روش‌های رایج محسوب می‌شود. ساخت مدل فیزیکی برای دلتاها از جمله این موارد محسوب می‌شود که در آن به بررسی شیوه‌های نرخ انتقال رسوب و چگونگی انجام آن پرداخته می‌شود. بررسی نقش احداث سازه‌های عمرانی و توسعه‌ای در فرآیندهای مناطق ساحلی از جمله اموری است که با استفاده از مدل فیزیکی می‌تواند صورت گیرد. نوع پیشرفته مدل‌سازی‌ها، ساخت مدل رقومی در رایانه است که نسبت به مدل‌های فیزیکی از هزینه ساخت کم‌تر و از انعطاف‌پذیری بیش‌تری برخوردار است. از طریق این مدل‌ها می‌توان ابعاد دخالت انسان در مناطق دلتایی و تاثیر آن بر ریخت‌شناسی دلتاها را تحلیل نمود و گزینه‌های مناسب را به منظور عملیات توسعه‌ای پیشنهاد نمود.

اهم اطلاعات موردنیاز در این زمینه عبارتند از:

- جمع‌آوری کلیه مدل‌های موجود در زمینه تحلیل شرایط مختلف دلتا
- تبیین ویژگی‌های مدل فیزیکی مورد نیاز برای مطالعه و مدل‌سازی فرآیندها در مناطق ساحلی (در صورت نیاز)

پیوست ۵

ابزار مطالعات

پ. ۵-۱ - دستگاه‌های نقشه‌برداری

تهیه نقشه از مناطق دلتایی از عمومی‌ترین مسایلی است که در مطالعه دلتاها مورد توجه قرار می‌گیرد. برای تهیه نقشه، عموماً از دو روش نقشه‌برداری زمینی و عکس‌های هوایی استفاده می‌شود. در روش نقشه‌برداری زمینی، مختصات مکانی شامل X و Y به همراه عامل Z یا زاویه که بیانگر ارتفاع می‌باشد توسط توتال استیشن‌ها^۱ به‌دست می‌آید. بدیهی است که تهیه نقشه به این روش برای مناطق کوچک و یا مقیاس محلی دارای کاربرد بوده و از آن نمی‌توان برای تهیه نقشه یک دلتا استفاده نمود. ولی در مقابل، این روش از دقت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد. روش دوم نقشه‌برداری زمینی استفاده از دستگاه‌های تعیین موقعیت جهانی^۲ می‌باشد. سامانه‌ی تعیین موقعیت جهانی، یک سامانه‌ی نقشه‌برداری بر پایه ماهواره است که این امکان را ایجاد می‌کند که کاربر بتواند داده رقومی زمین بسیار دقیق را به صورت الکترونیکی به‌دست آورد. نقشه‌برداری سامانه‌ی تعیین موقعیت جهانی عمدتاً بر مبنای دریافت سیگنال‌های ویژه از ماهواره‌های خاصی که به همین منظور به فضا پرتاب شده‌اند کار می‌کند. سامانه‌ی تعیین موقعیت جهانی یک فناوری ایده‌آل به دلیل قابلیت استفاده از آن در همه شرایط جوی در ۲۴ ساعت یک شبانه روز در هر نقطه از کره زمین می‌تواند می‌باشد. باوجود این در عمل استفاده از سامانه‌ی تعیین موقعیت جهانی به دلایل خطاهای اندازه‌گیری و توپوگرافی دارای محدودیت است [۲۵]. در عین حال برای ثبت نقاط نمونه‌برداری در دلتاها می‌توان از این ابزار استفاده نمود.

پ. ۵-۲ - ادوات نمونه‌برداری و اندازه‌گیری آب و رسوب

نمونه‌برداری از بده آب و رسوب وارد شده از منطقه خشکی و منطقه دریایی از جمله کارهای مهمی است که برای شناخت میزان و چگونگی رسوب‌گذاری در محیط‌های دلتایی دارای کاربرد است. از این‌رو در مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها لازم است اطلاعاتی در این خصوص در اختیار قرار گیرد.

به‌طور معمول اندازه‌گیری میزان بده رودخانه‌ها از طریق روش‌های خاص علم هیدرومتری صورت می‌گیرد که همه آنها بر مبنای رابطه بنیادین $Q = V.S$ استوار است که در آن Q : بده آب به مترمکعب در ثانیه، V : سرعت جریان براساس متر در ثانیه و S سطح مقطع جریان بستر می‌باشد. در مجموع برای محاسبه بده بر مبنای رابطه یاد شده اندازه‌گیری‌های زیر مورد توجه قرار می‌گیرد [۱۸]:

- اندازه‌گیری سطح یا ارتفاع آب: در این روش ارتفاع آب از طریق شاخص‌های مدرجی که در کنار رودخانه نصب می‌شود به‌دست آمده و براساس معادلات هیدرولیکی، بده آب محاسبه می‌شود و سپس نموداری که به نمودار بده - اشل معروف است تنظیم و براساس ارتفاع، مقدار بده از نمودار استخراج و ثبت می‌گردد. برای اندازه‌گیری ارتفاع آب از عمق‌یاب‌ها نیز استفاده می‌شود که بر مبنای آن امکان محاسبه بده بر مبنای روش یاد شده وجود خواهد داشت.
- اندازه‌گیری سرعت آب: برای اندازه‌گیری سرعت آب از روش‌های مختلفی مانند استفاده از جسم شناور، استفاده از مولینه یا سرعت سنج و استفاده از مواد شیمیایی مانند رنگ و نمک بهره‌گیری می‌شود که هر یک از آنها و مزایا و معایب خاص خود را داشته و باید در جای خود مورد استفاده قرار گیرند.

1- Total Stations

2- Global Positioning System (GPS)

تشکیل و توسعه دلتاها همواره تابعی است از مقدار رسوباتی که از طرف دریا و یا از طرف رودخانه‌ها وارد منطقه ساحلی می‌شوند. به همین جهت رودخانه‌هایی که مقدار زیادی از رسوبات را حمل می‌کنند در شکل‌گیری دلتاها نقش اساسی داشته و از این‌رو لازم است در مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها مقدار رسوب وارد شده توسط جریان آب‌های سطحی محاسبه و تفسیر گردد. مقدار رسوباتی که توسط رودخانه‌ها حمل می‌شود به دو گروه تقسیم‌بندی می‌گردد [۱۸]:

- رسوباتی که در آب معلق هستند و در بالای بستر رودخانه همراه با آب حرکت می‌کنند که به این مواد بار معلق گفته می‌شود. برای تخمین مقدار بار معلق از آب رودخانه، نمونه‌ای تهیه شده و در آزمایشگاه پس از جدا کردن مواد رسوبی به وسیله کاغذ صافی، رسوبات را خشک می‌کنند و بعد از وزن کردن، غلظت رسوب را برحسب گرم در لیتر می‌سنجند. برای نمونه‌برداری از آب رودخانه نیز روش‌های متعددی استفاده می‌شود که استفاده از بطری، عمومی‌ترین آنها می‌باشد.
- رسوباتی که در سطح بستر رودخانه همراه با جریان آب به جلو منتقل می‌شود که به این نوع رسوبات بار بستر گفته می‌شود. برای اندازه‌گیری این نوع رسوبات از دو روش بشقابی و گودالی استفاده می‌گردد که در نوع بشقابی، سینی‌هایی را در کف رودخانه قرار می‌دهند تا مواد بستر در آن به جا گذاشته شده و با خارج کردن سینی و وزن کردن مواد بستر مقدار آن محاسبه می‌شود. در روش گودالی، یک گودال در کف بستر حفر شده تا مواد بستر به داخل آن ریخته شوند که پس از استخراج و وزن کردن آنها مقدار بار بستر به دست می‌آید. با توجه به مشکل بودن این نوع اندازه‌گیری فقط بار معلق، اندازه‌گیری شده و با ضرب کردن آن به ارزشی در حدود ۱۰ تا ۵۰ درصد مقدار بار بستر محاسبه می‌شود. هرچند که اندازه‌گیری بار بستر مشکل می‌باشد اما به دلیل وجود کانی‌ها و ذخایر با ارزش در بار بستر در نزدیکی محل دریا لازم است تحقیقاتی در این خصوص انجام گیرد. ضمناً می‌توان در یک دوره آماری نسبت بار بستر به بار معلق در نزدیک‌ترین ایستگاه هیدرومتری موجود را محاسبه و به نوعی رژیم انتقال و نسبت بار بستر و بار کل را به دست آورد و برای مطالعات بعدی ملاک عمل قرار داد.

بار کل رسوب یک رودخانه از مجموع بار بستر و بار معلق تشکیل می‌شود. برای آشنایی با روش‌های محاسبه و اندازه‌گیری مقدار رسوب وارد شده از طرف خشکی علاقمندان می‌توانند به راهنمای محاسبه بار رسوب معلق و بستر [۷] مراجعه نمایند. علاوه بر رسوبات وارد شده از طرف خشکی که توسط رودخانه‌ها به دلتا انتقال پیدا می‌کند، رسوباتی از طرف دریا توسط امواج، جریان‌های دریایی و جزر و مد به این منطقه انتقال یافته و تحت شرایطی می‌تواند شکل‌گیری و یا توسعه دلتا را تشدید یا تضعیف نماید. میزان رسوب وارد شده از طرف دریا تابعی است از شدت عوامل انتقال یعنی امواج، جزر و مد و جریان‌های دریایی و از طرف دیگر تابعی است از عمق دریا در کنار ساحل و دانه‌بندی مواد موجود در ساحل که معادلات متعددی برای این منظور توسط محققین ارائه شده است تا از طریق آنها بتوان نرخ انتقال رسوب را محاسبه نمود. با توجه به تنوع مدل‌ها امکان ذکر آنها در این مجموعه میسر نگردیده و علاقمندان می‌توانند به منابع مربوط از جمله [۳۶] مراجعه نمایند.

منطقه ساحلی از مناطقی است که در معرض جریان‌های رفت و برگشتی ناشی از فرآیندهای رودخانه‌ای از یک طرف و فرآیندهای ساحلی از طرف دیگر است که در نهایت تحول ریخت‌شناسی دلتا را موجب می‌شوند. به منظور مدل‌سازی فرآیند مذکور، مدل‌های متفاوتی ارائه شده است که در نرم‌افزار MIKE21 قابل دستیابی بوده و از طریق آن می‌توان نرخ انتقال رسوب را با دقت بالا مشخص نمود [۴۵]. با توجه به نقش امواج، جزر و مد و جریان‌های دریایی در انتقال رسوب به منطقه دلتایی، ابزارهای متعددی برای اندازه‌گیری پارامترهای مذکور ارائه شده است که موج نگار برای ثبت داده‌های موج، جزر و مد نگار برای ثبت داده‌های جزر و مد و

جریان سنج برای اندازه‌گیری جریان‌های دریایی از جمله آنها محسوب می‌شوند که فراخور ویژگی‌های ساحل و داده‌های مورد نیاز می‌توانند در مناطق ساحلی نصب شده و از داده‌های آنها برای محاسبات مدل‌های مختلف سود جست.

پ. ۵-۳- نقشه‌های توپوگرافی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای

نقشه‌های توپوگرافی از عمومی‌ترین نقشه‌هایی هستند که در مطالعات مختلف علوم زمین دارای کاربرد هستند. روش تهیه این نقشه‌ها به روش‌های فتوگرامتری استوار است که با تهیه عکس‌های هوایی چه با فرمت آنالوگ و چه با فرمت رقومی آغاز و با تبدیل آنها به نقشه‌های توپوگرافی به صورت منحنی‌های هم‌ارزش ارتفاعی یا منحنی‌های میزان ادامه یافته و در نهایت با اضافه کردن عوارض زمینی مانند راه‌ها، خطوط راه‌آهن، کاربری‌های مختلف خاتمه پیدا می‌کند. در رابطه با دقت مورد نظر، فاصله منحنی‌های میزان در نقشه‌های توپوگرافی تفاوت می‌کند. به‌طور مثال در نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ این فاصله برابر ۲۰ متر و در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ با فاصله منحنی میزان ۱۰۰ می‌باشند.

عکس‌های هوایی از ابتدایی‌ترین ابزارهای سنجش از دور هستند [۸] که دارای کاربردهای گسترده در مطالعه دلتاها می‌باشند. به‌طور معمول عکس‌های هوایی با استفاده از سنجنده‌های نصب شده در هواپیما که در ارتفاع مشخصی از سطح زمین پرواز می‌کنند به دست می‌آیند. ارتفاع پرواز هواپیما بیانگر مقیاس مورد نظر برای تهیه عکس‌های هوایی می‌باشد. در ایران دو پوشش سراسری شامل مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ وجود دارد که توسط سازمان جغرافیایی و سازمان نقشه‌برداری تهیه شده‌اند. علاوه بر این عکس‌های هوایی به میزان محدود برای برخی از شهرهای کشور توسط سازمان نقشه‌برداری و به کارفرمایی استانداردها تهیه شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تصاویر ماهواره‌ای از مهم‌ترین ابزار مطالعه دلتاها محسوب می‌شود که برای اهداف مختلف مطالعات دلتاها، تصاویر سنجش از دور ماهواره‌های مختلف در اختیار است که انتخاب نوع ماهواره و سنجنده برای هر یک از اهداف مطالعاتی متفاوت است. ماهواره‌ها از نظر ویژگی‌های فنی به دو گروه ماهواره‌های مدار قطبی خورشید آهنگ^۱ و ماهواره‌های زمین‌آهنگ^۲ تقسیم‌بندی می‌شوند [۲۰]. ماهواره‌های مدار قطبی خورشید آهنگ که به ماهواره‌های محیطی قطب محور^۳ معروف هستند، در ارتفاع بین ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ کیلومتری سطح زمین قرار دارند و زاویه میل آنها نسبت به صفحه استوای زمین بسیار زیاد است تا ماهواره‌ها تا حد امکان به قطب شمال و جنوب نزدیک شوند. یک ماهواره هواشناسی مدار قطبی که در هر روز ۱۴ تا ۱۵ بار در مدارهای با دوره گردش ۱۰۰ دقیقه گردش می‌کند. این نوع ماهواره‌ها هر روز و شب در یک زمان معین از فراز هر نقطه بر روی سطح زمین عبور می‌کنند. از این نوع ماهواره‌ها می‌توان به نوا^۴، تیروس^۵، نیمبوس^۶ اشاره نمود [۱۷]. سنجنده‌های مختلفی روی ماهواره‌ای سری تیروس یا نوا نصب شده‌اند که هر یک از آنها دارای کاربردهای خاص می‌باشند. سنجنده پرتوسنج پیشرفته با توان تفکیک خیلی بالا^۷ از مهم‌ترین

1- Sun – Synchronous Satellite

2- Geostationary Satellites

3- Polar Operational Environmental Satellite (POES)

4- National Oceanic Atmospheric Administrative (NOAA)

5- TIROS

6- NIMBUS

7- Advanced Very High Resolutions Radiometer (AVHRR)

سنجنده‌های این ماهواره می‌باشد [۲۰] که در کشور ما داده‌های این سنجنده به صورت روزمره توسط سازمان فضایی ایران دریافت شده و توسط کاربران مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. تصاویر حاصل از سنجنده مذکور در مطالعه دلتاها دارای اهمیت زیادی می‌باشد. از جمله مهم‌ترین کاربردهای آن در مطالعه و پایش پوشش گیاهی و تهیه نقشه دمای سطح دریاها و خشکی‌ها و تهیه نقشه رطوبت خاک مناطق دلتایی می‌باشد. در ایران تصاویر مذکور توسط سازمان فضایی ایران و سازمان جغرافیایی ایران به‌طور روزانه اخذ و در اختیار کاربران مختلف قرار می‌گیرد.

ماهواره‌های زمین‌آهنگ دارای موقعیت ثابتی نسبت به زمین است. این ماهواره‌ها در ارتفاع دست کم ۳۵۰۰۰ کیلومتری بالای سطح زمین روی صفحه استوا در راستای مسیر چرخش زمین قرار دارند. نخستین ماهواره‌های زمین هماهنگ، ماهواره‌های تکنولوژی و کاربردی بودند که در اوایل دهه ۱۹۷۰ به فضا پرتاب شدند. ماهواره‌های زمین هماهنگ دارای توان تفکیک بسیار پایین و از دقت کم‌تری برخوردارند ولی محدوده دید آنها وسیع می‌باشد و در هر دفعه می‌توانند از نصف کره زمین و در فاصله نیم ساعته تصویر بردارند. تصاویر این نوع ماهواره‌ها عمدتاً دارای کاربردهای هواشناسی بوده [۱۷] و به نظر می‌رسد در مطالعات دلتاها دارای محدودیت می‌باشد.

در کل مطالعات سنجش از دور در تهیه نقشه‌های ریخت‌شناسی دارای کاربردهای گسترده‌ای است که انتخاب ماهواره و سنجنده مناسب در رابطه با هدف و مقیاس مطالعه می‌باشد که لازم است قبل از تهیه نقشه، مطالعات لازم برای این منظور صورت گیرد. نرم‌افزارهای متعددی نیز برای پردازش رقومی استفاده می‌شود که نرم‌افزارهای ERDAS, ILWIS, GEOMATICA, ENVI, ERMAPPER از عمومی‌ترین آنها محسوب می‌شود.

پ.۵-۴- نرم‌افزار سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی

قابلیت اصلی سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، توانایی آن در تحلیل و پردازش داده‌های جغرافیایی به منظور حل مسایل فضایی مختلف می‌باشد [۱] و [۳۲]. به‌طور کلی یک سامانه اطلاعات جغرافیایی دارای کارکردهایی به صورت زیر است [۲۶]:

- تکنیک‌های وارد کردن اطلاعات جغرافیایی و تبدیل اطلاعات به شکل رقومی
- تکنیک‌های ذخیره این اطلاعات در قالب فشرده روی دیسک‌های کامپیوتری، لوح‌های فشرده و سایر ابزار ذخیره رقومی
- روش‌هایی برای تحلیل خودکار داده‌های جغرافیایی به منظور جستجوی الگوها، ترکیب انواع مختلف داده، انجام دادن اندازه‌گیری‌ها، پیدا کردن مکان‌ها یا مسیرهای بهینه و وظایف مهم دیگر
- روش‌های ارزیابی خروجی سناریوهای مختلف مانند اثر تغییرات اقلیمی روی پوشش گیاهی
- تکنیک‌هایی برای نمایش داده‌ها به شکل نقشه‌ها، تصاویر و سایر انواع خروجی‌ها
- توانایی‌هایی برای اخذ خروجی از نتایج به شکل اعداد و جداول

با توجه به موارد مذکور مفاهیم سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی در غالب نرم‌افزارهای مختلفی ارائه شده است که همه این نرم‌افزارها می‌توانند برای تشکیل پایگاه اطلاعات جغرافیایی از محیط‌های دلتایی مورد استفاده قرار گیرند. از معروف‌ترین نرم‌افزارها در این زمینه نرم‌افزار ArcGIS متعلق به شرکت ESRI آمریکا می‌باشد که امروزه در دانشگاه‌ها و دستگاه‌های اجرایی کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در مطالعات دلتاها سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی به عنوان یک ابزار کارآمد برای تحلیل انواع اطلاعات جمع‌آوری شده در پایگاه اطلاعاتی دارای نقش اساسی است. از جمله مهم‌ترین کاربردهای سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی در مدل‌سازی فرآیندهای ساحلی و تغییرات آینده منطقه دلتایی است، در عین حال این سامانه در تهیه نقشه‌های مختلف ترکیبی لایه‌های جمع‌آوری شده بسیار موثر می‌باشد و کمک اساسی به کاربران این نوع مطالعات می‌نماید. از این رو لازم است برای مطالعات دلتاها کلیه داده‌های نقشه‌ای و داده‌های توصیفی گردآوری شده و وارد پایگاه اطلاعات سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی گردد تا توسط قابلیت‌های این سامانه تحلیل شود. پس از انجام پردازش‌های لازم، خروجی‌های مختلف می‌تواند در اختیار کاربران قرار گیرد. از مهم‌ترین جنبه‌های ارائه اطلاعات خروجی از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی قرار دادن آنها در شبکه جهانی اینترنت می‌باشد.

در اواخر دهه ۱۹۸۰ استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی در ریخت‌شناسی شروع به گسترش نمود و ابزاری را برای مدیریت حجم وسیعی از داده‌های فضایی مورد نیاز برای ارائه مسایل علمی و تحلیل چشم‌اندازها فراهم نمود. یک پایگاه اطلاعات سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی که در ارتباط با نقشه‌های ریخت‌شناسی تهیه می‌شود باید در برگزیده داده‌های توصیفی خام و طراحی شده برای کاربران مختلف باشد.

اگرچه استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی به عنوان یک ابزار در ریخت‌شناسی شرایط مناسبی را برای بررسی‌های علمی و عملی فراهم نموده است، به نوعی نیز باعث شده است که نگاه کل گرایانه به نقشه‌های ریخت‌شناسی به دید جزئی و توجه به یک ناحیه یا عارضه خاص گرایش پیدا کند.

در مجموع زمینه‌های مهم کاربرد سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی در ریخت‌شناسی عبارتند از [۳۰]:

- کاربرد سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی در مطالعات ساختار لند فرم‌ها
 - کاربرد سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی در تحلیل شیب‌ها و پهنه‌بندی مخاطرات طبیعی و مدیریت آنها
 - طبقه‌بندی خودکار چشم‌اندازها با استفاده از داده‌های سنجنش از دور در ترکیب با مدل‌های ارتفاعی رقومی
- اولین گام در جهت ایجاد پایگاه اطلاعات ریخت‌شناسی در محیط سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، تکمیل طرح پایگاه اطلاعات زمین^۱ می‌باشد. طرحی که شامل نمونه‌های مختلفی از اطلاعات همانند مثال‌های زیر خواهد بود:
- مجموعه داده‌های عوارض ریخت‌شناسی
 - مجموعه داده‌های عوارض هیدرولوژیکی (آبشناسی)
 - مجموعه داده‌های عوارض زمین‌شناسی و زمین‌ریخت‌شناسی
 - مجموعه داده‌های عوارض ژئومورفولوژیکی همانند فرآیندهای بادی و انحلالی که در مورفودینامیک دلتاها تاثیر بسزایی دارند
 - سایر کلاس‌های شکل‌ها و جداول غیرفضایی در پایگاه داده زمین
- این مجموعه داده‌ها با فرمت‌های مختلف در پایگاه داده زمین ذخیره می‌شوند و یا در ارتباط با آن قرار می‌گیرند. برای سهولت بخشیدن به ذخیره ساختار و فرآیند داده‌های ریخت‌شناسی سه گام وجود دارد [۳۰]:
- ۱- تعریف واحدهای اصلی

۲- اضافه کردن داده‌های توصیفی

۳- ایجاد پایگاه اطلاعات و گسترش آن

در گام اول عوارض ریخت‌شناسی به مفاهیم رقومی تبدیل می‌شوند (نقاط، خطوط و چندضلعی‌ها) این کار بر مبنای ویژگی‌های کیفی و کمی ریخت‌شناسی (مورفوگرافی، لیتولوژی، شکل‌زایی و فرآیند و سن) صورت می‌گیرد. خصوصیات ریخت‌شناسی به تنهایی نیز می‌تواند مورد مطالعه قرار بگیرد بخش عمده در مدل شکل‌های لندفرم‌ها نوع سامانه‌ی نقشه‌کشی است. واحدهایی که در این روش ساخته می‌شوند، واحدهای اصلی نامیده می‌شوند. گام بعدی انتخاب این موضوع است که داده‌های ریخت‌شناسی در قالب رستری یا برداری و یا هر دو حالت ذخیره شوند.

در گام دوم ویژگی‌های کیفی و کمی ریخت‌شناسی واحدها به صورت جدول اطلاعات توصیفی اضافه می‌شود و این اطلاعات به اطلاعات برداری داده‌های توصیفی اضافه می‌شود.

در گام سوم، خلاصه‌ای از اطلاعات خارجی شامل (منابع توصیفی، مقیاس، خطاها و...) به پایگاه اطلاعات ریخت‌شناسی اضافه می‌شود. بدین ترتیب اطلاعات اصلی ریخت‌شناسی به صورت کدهایی در جدول اطلاعات توصیفی مرتبط با موضوع ذخیره می‌شوند. بدین ترتیب ساختار داده‌ها در پایگاه اطلاعات سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی به صورت زیر می‌باشد:

پ. ۵-۴-۱- مجموعه اطلاعاتی عوارض ریخت‌شناسی

اکثر اطلاعات رقومی شده که به صورت مجموعه‌ای از داده‌های ریخت‌شناسی و هیدرولوژی در پایگاه اطلاعات ذخیره می‌شود، از نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی استخراج می‌شود. مجموعه داده‌های شکل‌های ریخت‌شناسی شامل سه کلاس اشکال می‌باشد (واحدهای اصلی، عوارض خطی مجزا و عوارض نقطه‌ای مجزا) که به صورت اطلاعات رقومی از راهنمای نقشه اصلی گرفته و ذخیره می‌شوند. در همین زمینه لازم است پتانسیل فرسایش پذیری حوضه آبریز مشرف به دلتا از طریق به‌کارگیری لایه‌های شیب، شدت بارش، نوع خاک و غیره در محیط سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی محاسبه شود.

پ. ۵-۴-۲- مجموعه داده‌های عوارض هیدروگرافی

مجموعه داده‌های عوارض هیدروگرافی در سه طبقه مجزای داده‌های مربوط به دریاچه‌ها، رودخانه‌های بزرگ و مناطق اشباع از آب طبقه‌بندی می‌شوند که به صورت پلی‌گونی‌هایی در طبقه عوارض پلی‌گون هیدروگرافی ذخیره می‌شوند. درحالی‌که اطلاعات خطی نظیر رودهای کوچک‌تر در طبقه عوارض خطوط هیدروگرافی و چشمه‌ها، سدها و آبشارها به صورت عوارض نقطه‌ای در کلاس نقطه‌ای هیدروگرافی ذخیره می‌شوند. برای ترسیم شبکه آبراهه‌ها، رودهایی که داده‌های آنها رقومی شده باید به دریاچه‌ها و سایر عوارض هیدروگرافیک چندضلعی شکل متصل شوند. در یک شبکه آبراهه‌ای، پارامترهایی نظیر جهت جریان، بده و غیره نیز می‌تواند ذخیره شود.

پ. ۵-۴-۳- مجموعه اطلاعات سنگ بستر

مجموعه داده‌های سنگ بستر که در سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی نمایش داده می‌شود بر پایه نقشه‌های زمین‌شناسی و داده‌های ژئوفیزیکی حاصل می‌شوند.

پ. ۵-۴-۴- سایر داده‌های مورد نیاز در پایگاه اطلاعات زمین

برای گسترش استفاده از پایگاه اطلاعات ریخت‌شناسی سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، دیگر داده‌های مورد نیاز می‌توانند اضافه شده و در پایگاه اطلاعات زمین ذخیره شوند. پایگاه اطلاعات زمین بهتر است که به مدل ارتفاعی رقومی زمین مرتبط باشد. همچنین می‌توان پوشش گیاهی و عکس‌های هوایی را به پایگاه داده‌ها اضافه نمود. با توجه به موارد مذکور، پایگاه اطلاعات ریخت‌شناسی سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی شامل اطلاعات علمی سازمان یافته‌ای می‌باشد که شامل اطلاعات موضوعی و قابل اتصال به پایگاه اطلاعات دیگر می‌باشد. این پایگاه این قابلیت را دارد که بتوان تغییرات صورت گرفته در لندفرم‌ها را به آن اضافه کرد. همچنین برای زمینه‌های مدیریت محیط، تحلیل و بصری‌سازی داده‌های ریخت‌شناسی بسیار مفید واقع شود.

پ. ۵-۵- شبکه اینترنت

نیاز به دریافت اطلاعات ریخت‌شناسی دلتاها در شبکه جهانی اینترنت از جمله مسایل مهم محسوب می‌شود. بدین ترتیب محققین می‌توانند حسب نیاز خود از این اطلاعات بهره‌مند شوند. مجموعه اطلاعاتی که بدین سان در اختیار محققین قرار می‌گیرد اطلاعات مختلفی را شامل می‌شود. با تلفیق تکنولوژی اینترنت و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی می‌توان پایگاه اطلاعات دلتاها را با مشخصات کامل در محیط اینترنت در اختیار کاربران قرار داد. در این شرایط همه کاربران می‌توانند به صورت مشترک از انواع اطلاعات قرار داده شده در اینترنت استفاده کنند.

مهم‌ترین رکن این پایگاه اطلاعاتی نقشه‌های قرار داده شده در اینترنت است که این نوع نقشه‌ها تحت تاثیر نرم‌افزار و یا ماهیت موضوع می‌تواند از سه نوع نقشه‌های ثابت^۱، پویا^۲ و فعال^۳ برخوردار باشند [۱۰]. نقشه‌های نوع ثابت نقشه‌هایی هستند که دارای ماهیت سلولی یا رستری بوده و نیازی به نرم‌افزار سرویس دهنده نقشه در طرف میزبان و کاربر ندارند و سرویس دهنده وب با استفاده از نقشه‌های تصویری به درخواست‌های کاربران پاسخ داده و نام محل‌های مورد درخواست را روی نقشه نشان داده می‌دهد. نقشه‌های نوع پویا نیازمند آن هستند که به مرور زمان تغییر یافته و دایما نقشه‌های جدید در آن قرار گیرند. نقشه‌های نوع فعال از مهم‌ترین و پیچیده‌ترین نقشه‌های قرار داده شده در اینترنت می‌باشند که در آن انواع نقشه‌ها حسب درخواست کاربر تهیه و در اختیار وی قرار می‌گیرد. در این نوع نقشه‌ها کاربر همانند اموری که در محیط سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی مانند کوچک و بزرگ کردن تصویر، تغییر علایم و نشانه، روشن و خاموش کردن لایه‌های داده، انجام سوالات مکانی و توصیفی و غیره را می‌تواند انجام دهد.

پ. ۵-۶- امکانات آزمایشگاهی

برای انجام مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها با توجه به چند بعدی بودن این نوع مطالعات انجام آزمایش‌های مختلف زیر برای بررسی جنبه‌های مختلف ضرورت پیدا می‌کند:

- 1- Static
- 2- Dynamic
- 3- Interactive

- آزمایشگاه شیمی مواد به منظور تعیین ترکیب شیمیایی آب رودخانه و دریا
- آزمایشگاه رسوب سنجی به منظور تعیین میزان رسوب در آب رودخانه‌ها و دریا
- آزمایشگاه تعیین سن تشکیلات زمین‌شناسی
- آزمایشگاه‌های مدل‌سازی فیزیکی دلتاها

هرچند که نتایج آزمایش‌های مذکور برای انجام مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها بسیار مفید است ولی تامین و تجهیز آزمایشگاه به ابزارهای مختلف ضرورت نداشته بلکه فراخور نیاز می‌توان از آزمایشگاه و افراد متخصص در این خصوص استفاده نمود.

پ.۵-۷- نرم‌افزارهای مدل‌سازی عددی

نرم‌افزارهای مدل‌سازی عددی برای شبیه‌سازی فرآیندهای رخ داده در مناطق دلتایی از جمله ابزارهای مهم برای تحلیل می‌باشد. این نرم‌افزار به صورت تخصصی برای مدل‌سازی رسوب، جریان و سایر موضوعات هواشناسی، هیدرولوژی و هیدرولیکی طراحی و ارائه شده‌اند. فهرست کاملی از نرم‌افزارهای مدل‌سازی عددی رسوب در گزارش راهنمای محاسبه بار رسوب معلق و بستر [۷]، مدل‌سازی عددی فرآیندهای رودخانه‌ای در گزارش راهنمای مطالعات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها [۵]، مدل‌سازی عددی مهندسی و ساماندهی رودخانه در گزارش راهنمای کاربرد مدل‌های ریاضی و فیزیکی در مطالعات مهندسی و ساماندهی رودخانه [۶] ارائه شده است که در موارد تخصصی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در مطالب زیر برخی از مهم‌ترین مدل‌های مورد استفاده برای مطالعات هیدرودینامیک و فیزیک دریا و مطالعات مربوط به پیش‌بینی امواج اشاره می‌شود:

پ.۵-۷-۱- مدل HEC-RAS

این مدل از رایج‌ترین مدل‌های رودخانه‌ای است که می‌تواند جریان متغیر تدریجی را با هر نوع مقطع عرضی در حالات دائمی و غیردائمی و همچنین انتقال رسوب در مرز متحرک را به صورت یک بعدی شبیه‌سازی نماید. مدل مذکور از معادله انرژی برای محاسبات استفاده کرده و برای حالاتی که تغییرات نیمرخ سطح آب سریع باشد از معادله مومنتوم استفاده می‌کند. در این مدل انواع پل‌ها، آبگذرها، سرریزها، سازه‌های موجود در سیلابدشت و انواع کانال با شکل‌های مختلف شبیه‌سازی می‌شوند. امکان برقراری ارتباط با سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی از مزیت‌های این مدل محسوب می‌شود. روش کار بدین ترتیب است مقاطع عرضی و ضرایب مانینگ از محیط سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی وارد محیط HEC-RAS شده و پس از انجام محاسبات هیدرولیکی مجدداً به محیط سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی وارد شده و خروجی لازم از آن تهیه می‌شود.

وب سایت آن عبارت است از:

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/index.html>

پ.۵-۷-۲- مدل MIKE21

این نرم‌افزار توسط موسسه DHI دانمارک تهیه گردیده است و برای شبیه‌سازی هیدرولیک، انتقال رسوب و کیفیت آب در خورها، دریاچه‌ها، خلیج‌ها، مناطق ساحلی و سامانه‌های آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از این مدل ساده بوده و در مجموع

دارای کاربرد در چهار زمینه مختلف هیدرولیک سواحل و اقیانوس‌شناسی، هیدرولیک محیطی، فرآیندهای رسوب و امواج به صورت ۵ مدول زیر می‌باشد:

- مدول هیدرولوژیکی که بارش و رواناب را در حوضه‌های روستایی برآورد می‌کند.
- مدول هیدرودینامیک که تغییرات بده‌ها و تراز سطح آب را در رودخانه‌ها و سیلابدشت‌ها محاسبه می‌کند.
- مدول انتقال رسوب، تشکیل دیون‌ها، تغییرات بستر و مقاومت هیدرولیکی را شبیه‌سازی می‌کند.
- مدول انتقال و پخش که فرآیندهای انتقال رسوب چسبنده را مدل‌سازی می‌کند.
- مدول کیفیت آب که فرآیندهای شیمیایی و زیست‌شناسی را شبیه‌سازی می‌کند.

وب سایت آن عبارت است از:

<http://www.mikebydhi.com/Products/CoastAndSea/MIKE21.aspx>

پ. ۵-۷-۳- مدل SWAN

در بسیاری از مطالعات مهندسی، داشتن اطلاعات از شرایط حداکثری موج در آب‌های ساحلی شامل خورها، مناطق جزر ومدی، جزایر ساحلی، کانال‌ها و غیره ضرورت دارد. در این شرایط داشتن برآوردهای واقعی ارتفاع موج، جهت باد و تغییرات سطح آب ضرورت دارد. مدل SWAN مدلی است که توسط دانشگاه فنی دلفت هلند برای این منظور طراحی و ارائه شده است. این مدل از نسل سوم مدل‌های موج محسوب می‌شود که برای نظیرسازی امواج در آب‌های عمیق، میانی و کم عمق کاربرد دارد. همچنین این مدل برای پیش‌بینی موج دارای کارایی زیادی است. در حال حاضر مدل مذکور دارای توانایی یکپارچه شدن با مدل‌های رسوب را نیز دارا است. در مجموع این مدل برای مسایل زیر دارای کاربرد است.

- مدل‌سازی امواج نزدیک ساحل برای طرح‌های ساخت بنادر
- توسعه و مدیریت ساحلی
- پیش‌بینی موج

وب سایت آن عبارت است از:

<http://www.wldelft.nl/soft/swan/>

پ. ۵-۷-۴- مدل POM

مدل Princeton Ocean Model (POM) مدلی است که استفاده از آن به راحتی امکان‌پذیر بوده و برای طیف وسیعی از مسایل مانند فرآیندهای گردش و اختلاط آب در رودخانه‌ها، خورها، دریاچه‌ها، دریاچه‌های آزاد و نیمه بسته و اقیانوس‌ها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در کاربردهای جدید، این مدل برای مسایل مختلف شرایط اقیانوسی و تاثیر آن بر محیط‌های ساحلی توسط کاربران به کار گرفته شده است.

وب سایت آن عبارت است از:

<http://www.aos.princeton.edu/WWWPUBLIC/htdocs.pom/>

پ. ۵-۷-۵- مدل GETM

مدل General Estuarine Transport Model (GETM) یک مدل عددی سه بعدی است که برای نظیرسازی فرآیندهای هیدرودینامیک و ترمودینامیک آب‌های آزاد و ساحلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدل مذکور به عنوان یک مدل عمومی در سامانه‌های متنوع و قیاس مختلف می‌تواند به کار گرفته شود. برای مثال، مدل در بررسی پهنه‌های جزر و مدی در شرایط سیلابی و خشکی، سامانه مختصات انعطاف‌پذیر افقی و عمودی کارآیی بسیار خوبی را دارا می‌باشد.

وب سایت آن عبارت است از:

http://getm.eu/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1

پ. ۵-۷-۶- مدل NOAA wavewatch3

این مدل توسط سازمان NOAA آمریکا برای پیش‌بینی امواج و ویژگی‌های باد از جمله سرعت و جهت باد ارائه شده و مزیت اصلی آن این است که به صورت برخط^۱ در شبکه اینترنت قرار گرفته و بر مبنای اطلاعات کاملی که در سامانه قرار داده شده است قادر به پیش‌بینی ارتفاع موج و ارائه نقشه پهنه‌بندی آن برای دریاهای مختلف کره زمین می‌باشد.

وب سایت آن عبارت است از:

http://polar.ncep.noaa.gov/waves/main_int.html

در مورد نرم‌افزارهای تخصصی مطالعه ریخت‌شناسی دلتاها، متاسفانه نرم‌افزاری وجود ندارد، لیکن برخی از نرم‌افزارها با تبادل اطلاعات با نرم‌افزار سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی ArcGIS امکاناتی را برای این موضوع ارائه می‌کنند. از جمله معروف‌ترین این نرم‌افزارها، می‌توان موارد زیر را ذکر نمود:

پ. ۵-۷-۷- نرم‌افزار MIKE 21

همان‌طور که گفته شد این نرم‌افزار توسط موسسه DHI دانمارک تهیه گردیده است [۴۵]. نرم‌افزار مذکور ضمن قابلیت فراوان برای تحلیل شرایط رسوب و هیدرودینامیک ساحلی توانایی لازم برای یکپارچه ساختن اطلاعات در محیط سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی را با نرم‌افزار ArcGIS را دارد. نرم‌افزار مذکور توسط ارگان‌های مختلف دولتی و خصوصی کشور خریداری شده و در حال حاضر برای انجام پروژه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

وب سایت آن عبارت است از:

<http://www.mikebydhi.com/Products/CoastAndSea/MIKE21.aspx>

پ. ۵-۷-۸- نرم‌افزار HEC-GeoRAS

این نرم‌افزار توسط سازمان مهندسی ارتش آمریکا تهیه شده است [۴۶]. نرم‌افزار مذکور مجموعه‌ای از روش‌ها، ابزارها و تسهیلات پردازش داده‌ها مکانی در ArcGIS را داشته و با استفاده از سامانه‌ی ارتباط گرافیکی این امکان را به کاربر می‌دهد که

داده‌های هندسی را برای وارد نمودن به HEC-GeoRAS آماده و تهیه خروجی از آن را نیز انجام دهد. استفاده از مدل‌های قومی زمین از دیگر مشخصات این نرم‌افزار محسوب می‌شود. نرم‌افزار مذکور از طریق سایت آن قابل دسترس بوده و راهنمای استفاده آن نیز به فارسی چاپ و منتشر شده است.

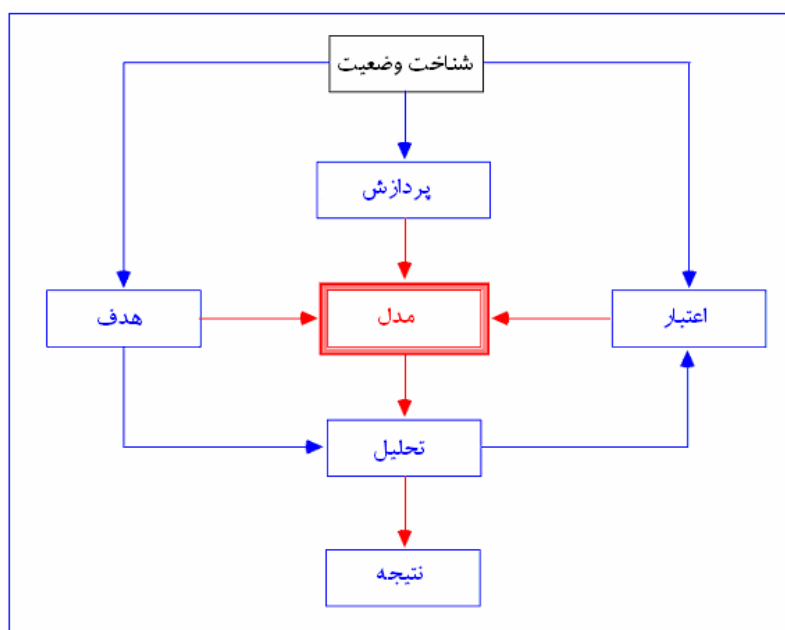
وب سایت آن عبارت است از:

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/hec-georas.html>

پ.۵-۸- نرم‌افزارهای مدل‌سازی مفهومی

یک مدل مفهومی، ابزاری است برای توضیح بصری محتوی و نحوه انجام یک مطالعه است. در واقع مدل مفهومی نموداری است که از مستطیل‌ها و پیکان‌های متعدد، شکل گرفته است و وظیفه پیکان‌ها برقراری ارتباط بین مستطیل‌ها می‌باشد. هر یک از مستطیل‌ها در رابطه با موضوع مورد مطالعه دارای مفاهیم خاصی مانند داده‌های ورودی، شیوه تحلیل و خروجی مورد انتظار است [۴۰]. در رابطه با شیوه و هدف مطالعه دلتاها نیز می‌توان فرآیندهای رخ داده را به شکل مدل مفهومی بررسی نمود. هرچند که برای ترسیم مدل‌های مفهومی نرم‌افزارهای عمومی گرافیکی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. چرا که مطالعات صورت گرفته نشان دهنده عدم وجود نرم‌افزار تخصصی برای مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها می‌باشد. از این‌رو در صورت نیاز به مدل‌سازی مفهومی دلتاها لازم است از نرم‌افزارهایی گرافیکی مانند VISIO استفاده نمود.

در هر نوع عملیات مدل‌سازی مراحل مد نظر است که در شکل (پ.۵-۱) نشان داده شده است. همان‌طور که این شکل نشان می‌دهد بررسی حالت یا وضعیت موجود اولین مرحله بوده که پس از شناسایی مشکلات و مسایل، اهداف مدل‌سازی مشخص شده و مدل ساخته شده مورد تحلیل قرار می‌گیرد. نکته بسیار مهمی که در ساخت مدل همواره مورد توجه قرار می‌گیرد میزان اعتبار مدل است که از طریق آزمون‌های خاص و یا از طریق مشاهدات واقعیت‌های زمینی، مدل مورد کنترل قرار می‌گیرد و دقت آن اعلام می‌گردد.



شکل پ.۵-۱- مراحل مدل‌سازی [۴۱]

منابع و مراجع

- ۱- آرنوف استن، «سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی»، انتشارات سازمان نقشه‌برداری کشور، (۱۳۷۵).
- ۲- طراوتی حمید، ایافت سید امیر، برنامه عمران سازمان ملل متحد، دستور کار ۲۱، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، (۱۳۷۷).
- ۳- بنزاده ماهانی محمدرضا، کرمی خانیکی علیرضا، ملکی آذر، «بررسی الگوی امواج، جریان‌ات ناشی از موج وانتقال رسوب در دلتای رودخانه زهره»، مجموعه مقالات ششمین همایش علوم و فنون دریایی. (۱۳۸۴).
- ۴- جداری عیوضی جمشید، یمانی مجتبی، خوش رفتار رضا، (۱۳۸۴)، «تکامل ژئومورفولوژی دلتای رود سپیدرود در کواترنر»، پژوهش‌های جغرافیایی، ۵۳، ۱۲۰-۹۹.
- ۵- «راهنمای مطالعات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها»، نشریه شماره ۳۱۴- الف، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور - وزارت نیرو، (۱۳۸۶).
- ۶- «راهنمای کاربرد مدل‌های ریاضی و فیزیکی در مطالعات مهندسی و ساماندهی رودخانه»، نشریه شماره ۳۲۰- الف، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور - وزارت نیرو، (۱۳۸۶).
- ۷- «راهنمای محاسبه بار رسوب معلق و بستر»، نشریه شماره ۳۵۵- الف، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور - وزارت نیرو، (۱۳۸۸).
- ۸- زبیری محمد، مجد علیرضا، «آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد آن در منابع طبیعی»، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم، (۱۳۸۰).
- ۹- سلطانی جابر، کرباسی علیرضا، «نقش اجرایی رژیم حقوقی رودخانه هیرمند در تعدیل خشک‌سالی سیستان، اقتصاد کشاورزی و توسعه»، سال دهم، ۳۸، ۱۸۴-۵۵، (۱۳۸۱).
- ۱۰- شیلی کریس، فیش ماتیو، «خودآموز استفاده از وب»، ترجمه داریوش فرسائی، انتشارات اسحاق، چاپ اول، (۱۳۷۶).
- ۱۱- فرج زاده منوچهر، «تکنیک‌های اقلیم‌شناسی»، انتشارات سمت، (۱۳۸۶).
- ۱۲- غریب‌رضا محمدرضا، کرمی خانیکی علی، آق تومان پیمان، «فرآیندهای هیدرودینامیکی و رسوبی دلتای هندیشان به روش اندازه‌گیری دریایی»، مجموعه مقالات ششمین همایش علوم و فنون دریایی، (۱۳۸۴).
- ۱۳- کرمی خانیکی علی، «سواحل ایران»، انتشارات پژوهش‌کده حفاظت خاک و آبخیزداری، (۱۳۸۳).
- ۱۴- کلتات دیتر، (۱۳۷۸)، «جغرافیای طبیعی دریاها و سواحل»، ترجمه دکتر محمدرضا ثروتی، انتشارات سمت.
- ۱۵- موسوی حرمی رضا، «رسوب‌شناسی»، موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، (۱۳۶۷).
- ۱۶- علایی طالقانی محمود، «ژئومورفولوژی ایران»، انتشارات قومس، چاپ دوم، (۱۳۸۲).
- ۱۷- علیجانی بهلول، کاویانی محمدرضا، «مبانی آب و هواشناسی»، انتشارات سازمان مطالعه و کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، (۱۳۷۱).
- ۱۸- علیزاده امین، «اصول هیدرولوژی کاربردی»، انتشارات آستان قدس رضوی، (۱۳۶۷).

- ۱۹- موحد دانش علی اصغر، «هیدرولوژی آب‌های سطحی» ایران، انتشارات سمت، (۱۳۷۳).
- ۲۰- میذر، پل، ام، «پردازش کامپیوتری تصاویر سنجش از دور»، ترجمه محمد نجفی دیسفانی، چاپ اول، انتشارات سازمان مطالعه و کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، (۱۳۷۸).
- ۲۱- هوک ج، ام، «ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیط»، ترجمه محمد جعفر زمردیان، انتشارات سمت، (۱۳۷۲).
- ۲۲- نوحه‌گر احمد، حسین زاده مهدی، «بررسی‌های اکتشافی در مطالعات منابع آب زیرزمینی دلتای میناب با تکیه بر روش‌های ژئوتکنیکی و ژئوفیزیکی»، نشریه بیابان، جلد ۹، شماره ۲، ۱۵۵-۱۶۹، (۱۳۸۳).
- ۲۳- یمانی مجتبی، «علل تغییر مسیر دوره‌ای رودخانه‌ها در دلتای غرب جلگه ساحلی مکران»، پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۵، ۳۴-۵۶، (۱۳۷۷).
- 24- Bird Eric, 2001, Coastal geomorphology, John Wiley & sons.
- 25- Bossler John D. (Eds.), 2002, Manual of geospatial science and technology, Taylor & Francis, London.
- 26- Bernhardsen Tor, 2001, Geographic Information Systems, an Introduction, Third edition, John Wiley Sons, Inc.
- 27- Colman J. M. and Wright L.D., 1975, Modern river deltas: variability of process and sand bodies: in M.L. Brossard (eds.), Delta, models for exploration: Houston Geological Society, Houston, Texas, P 99-149.
- 28- French W. Peter, 1997, Coastal and estuarine management, Rutledge Publisher.
- 29- Galloway W. E. , 1975, Process framework for describing the methodologic and serigraphic evaluation of deltaic depositional systems, In delta- models for exploration, M. L. Broussard (ed.), Houston geological society, 87-98.
- 30- Gustavsson, Marcus., Seijmonsbergen, Arie C., Kolstrup, Else., 2007. Structure and contents of a new geomorphological GIS database linked to a geomorphological map—With an example from Liden, central Sweden, Geomorphology.
- 31- Khoshraftar Reza, 2006, Geomorphology of Sefidrood river new delta in southern Caspian Sea coast during 80 years ago, Proceeding of the 5th WSEAS International Conference on Environment, Ecosystems and Development, Venice, Italy.
- 32- Lo, C.P., Yeung Albert K.W., 2005, Concepts and techniques of geographic information systems, prentice Hall of India private limited New Delhi.
- 33- Massel Stanislaw R., 1989, Hydrodynamics of coastal zones, Elsevier Oceanography Series, 336 P.
- 34- Oti Michal N., Postma George (Editors), 1995, Geology of delta, Balkema Press.
- 35- Selby M. J., 1989, Earth's changing surface, Oxford University Press.
- 36- Trenhaile A. S., 1997, Coastal dynamics and landforms, Clarendon Press.
- 37- Van Den Eeckhaut, M., Poesen, J., Verstraeten, G., Vanacker, Moeyersons, J., Nyssen, J., Van Beek, L.p.h., 2004. The effectiveness of hillshade maps and expert knowledge in mapping old deep-stead landslides. Geomorphology 67, 351-361.
- 38- http://en.wikipedia.org/wiki/River_delta.
- 39- http://www.americaswetlandresources.com/background_facts/detailedstory/RiverDelta.html.
- 40- http://www.fosonline.org/Site_Documents/Grouped/FOS_ConceptualModel_Guide_April2009.pdf

-
- 41- modelingnts.la.asu.edu/pdf-preadobe8/ModelingSoftware.pdf
 - 42- http://gidimap.giub.uni-bonn.de/gmk.digital/home_en.htm
 - 43- <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/>
 - 44- <http://earthshots.usgs.gov/Knife/Knife>
 - 45- <http://www.dhigroup.com>
 - 46- <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/hec-georas.html>
 - 47- http://www.parstimes.com/spaceimages/volga_river_delta.html
 - 48- <http://clasticdetritus.com/2009/03/11/changes-in-morphology-of-the-yellow-river-delta-from-1979-to-2000/>

خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر پانصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی nezamfanni.ir قابل دستیابی می‌باشد.

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency For Strategic Planning and Supervision

Guideline for Delta of Study Morphology

No.562

Office of Deputy for Strategic Supervision

Department of Technical Affairs

nezamfanni.ir

Ministry of Energy

Bureau of Engineering and Technical
Criteria for Water and Wastewater

<http://seso.moe.org.ir>

2012

این نشریه

با عنوان «راهنمای مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها» در فصل اول با تبیین مفهوم دلتا، ویژگی‌های مختلف آن‌را مورد بررسی قرار داده است. در فصل دوم معرفی عمومی از دلتاهای مهم کشور صورت گرفته و برخی از مهم‌ترین مشخصات آنها تشریح گردیده است. تبیین روش و رویکردهای مختلف برای مطالعه دلتاها در فصل سوم صورت گرفته و در فصل چهارم روش انجام مطالعه از مرحله جمع‌آوری داده‌ها تا مدل‌سازی توضیح داده شده است. فصل پنجم به تبیین ابزار مطالعات مختلف دلتاها پرداخته است. تبیین فرآیند مطالعات در فصل ششم ارائه شده است که در آن کلیات مربوط به تحلیل داده‌ها مورد بحث قرار گرفته است. فصل آخر نیز به تبیین موارد استفاده از مطالعات ریخت‌شناسی دلتاها به عنوان ابزار مدیریت داده‌ها می‌پردازد.