

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Предложена геоинформационная технология мониторинга городской застройки на базе обработки космических снимков высокого разрешения. Технология включает в себя векторизацию космических снимков, создание пространственной базы данных градостроительной информации, геоинформационный анализ и зонирование территории.

Запропоновано геоінформаційну технологію моніторингу міської забудови на базі обробки космоснімків високої роздільної здатності. Технологія включає векторизацію космічних знімків, створення просторової бази даних містобудівельної інформації, геоінформаційний аналіз і зонування території.

The geoinformation technology of city building monitoring on the basis of processing of space images of the high resolution is offered. The technology includes a vectoring of space images, creation of a spatial database of the town-planning information, the geoinformation analysis and territory zoning.

Введение.

Создание Национальной инфраструктуры геопространственных данных [1], региональных и местных (локальных) банков данных предусматривает постоянный сбор и актуализацию градостроительной информации.

Градостроительная документация включает:

1) исходно-разрешительную информацию (сооружения, предназначенные к сносу, проектируемые здания, реконструкция, капитальный ремонт, строительство мансард, границы участков, намеченных под строительство, благоустройство, озеленение);

2) функциональные зоны специального назначения (административно-делового, учебно-образовательного, культурно-просветительского, торгово-бытового, лечебно-оздоровительного, спортивно-рекреационного, учебно-воспитательного, многоквартирной жилой застройки, природно-рекреационного, водные поверхности);

3) строительные зоны застройки преимущественной этажности (1-2 этажной или высотой не более 10 м, 3-4 этажной или высотой не более 15 м, 5-7 этажной или высотой не более 25 м, 8-10 этажной или высотой не более 35 м, смешанной среднеэтажной);

4) ландшафтные зоны преимущественного назначения (застроенные, незастроенные, неурбанизированные);

5) охранные зоны (памятников истории и культуры, охраняемого ландшафта, строгого регулирования застройки, охраняемого культурного слоя);

6) информацию историко-архитектурного обследования (особо ценный, ценный, рядовой объект городской среды);

7) линии градостроительного регулирования (линия жилой застройки, границы полосы отвода железных дорог, технических зон метрополитена, инженерных сооружений и коммуникаций, территорий памятников истории и культуры,

зон охраняемого ландшафта, озелененных территорий, не входящих в природный комплекс, водоохранных, производственных, коммунальных зон);

8) магистральные инженерные сети и сооружения (колодцы, водопровод, канализация, газопровод, теплотрасса, водосток, коллектор, кабель энергосистем, телефон, прочие трубопроводы, инженерные сооружения, центральные тепловые пункты);

9) информацию о сроке службы зданий (здания, имеющие архитектурную ценность, рассчитанные на длительное (более 150 лет) использование, здания, имеющие утилитарное значение и определенный срок службы (не более 150 лет), временные сооружения с малым сроком службы).

Мониторинг городской застройки, ориентированный на обновление градостроительной документации, включает задачи анализа градостроительных изменений информации (типа перечисленной в пунктах 1 – 9). Например, поиск, отображение местоположений и территории градостроительных изменений, анализ линий жилой застройки.

Градостроительное проектирование опирается на компьютерные технологии САПР (системы автоматизированного проектирования) и ГИС (географические информационные системы и технологии). И если САПР-технологии находят применение на уровне локальных проектов, то выполнение региональных градостроительных работ невозможно без использования ГИС.

Оперативность градостроительного проектирования ГИС позволяют поднять на качественно новый уровень, так как ГИС-технологии позволяют не только увидеть, как выглядит территория с нужной степенью детализации, но и смоделировать, как будет изменяться ее вид вследствие протекания каких-то процессов [2-4]. Современные ГИС-технологии анализа городской застройки необходимы для мобильного обнаружения нарушений по незаконному возведению строений, поддержки принятия управленческих решений по рациональному использованию территории города.

Для оперативности мониторинга, точности и достоверности анализа городской застройки в данной работе предлагается использовать космические снимки высокого пространственного разрешения (от 1 м до 0,6 м), так как известно, что качество таких снимков позволяет применять их для составления проектов детального планирования в масштабе 1:2000 [5-6].

Важные преимущества космических изображений состоят в следующем.

1. Материалы космических съемок – это объективная информация о современном состоянии и использовании территории города. Традиционные картографические документы устаревают быстро, обновляются редко и актуальной картины состояния и использования территории города обычно не дают. Ведущийся в управлении архитектуры Дежурный план города, а также аналогичные планы других служб не дают общей картины происходящих в городе изменений (новое жилищное строительство, новые дороги, гаражи и другие постройки). Во многих случаях на картах изначально бывают неточности, не связанные с произошедшими изменениями. Все это может быть опознано с помощью анализа космических изображений.

2. Возможность оперативного получения космических снимков как информации для мониторинга исследуемой территории. Одно космическое изображение хранит в себе информацию и о ландшафтах, и об отдельных компонентах природы. Природные факторы во многом определяют размещение селитебных территорий, промышленно-коммунальных зон, рекреационных объектов, объектов инженерной инфраструктуры.

3. Космический снимок представляет собой фотопортрет территории. Лицо, принимающее решения (архитектор) видит город, что более эффективно, чем изучение картографических материалов, так как при составлении карт многие, не существенные на взгляд картографа, детали пропадают.

В Украине пока не существует методик, позволяющих по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) территории городов анализировать характеристики существующей городской застройки (коэффициент озеленения, коэффициент застройки и т.д.).

Цель работы – создание геоинформационной технологии мониторинга городской застройки.

Постановка задачи. Для достижения цели работы необходимо:

- 1) на основе имеющейся градостроительной информации и нормативной документации [7] выделить показатели для анализа городской застройки, расчёт которых можно реализовать с помощью ГИС-технологий;
- 2) провести анализ существующих пакетов векторизации и выбрать адекватный для приведения космических снимков в векторный вид и последующей обработки в ГИС;
- 3) выделить ГИС-технологии, применяемые для моделирования и анализа пространственных объектов территории;
- 4) изучить вопросы создания новых программных приложений в разных ГИС и выбрать среду обработки;
- 5) разработать ГИС-технологии анализа городской застройки для поддержки принятия решений по рациональному развитию территории города.

Исходные данные: 1) космические снимки высокого пространственного разрешения, полученные в последовательные моменты времени, на которых выделяется пространственная структура города, его конфигурация, элементы планировочной структуры территории – точечные, линейные, зональные; 2) карта города (атлас «Весь Днепропетровск»); 3) карта зонирования территории; 4) подробный план города с указанием этажности домов, назначения строений, линий градостроительного регулирования. На рис.1. представлены фрагменты космического снимка и исходных карт центральной части г. Днепропетровска.

Геоинформационная технология мониторинга городской застройки

Структурная схема предлагаемой ГИС-технологии мониторинга городской застройки приведена на рис. 2. Анализ применения разных ГИС в градостроительстве свидетельствует о перспективах их внедрения в градостроительные проекты [2-4, 8] (например, в институте «Діпромiсто»).

Выбор системы ArcGIS обусловлен тем, что: 1) в данной ГИС реализован объектно-ориентированный подход, позволяющий обращаться с данными не как с записью базы данных или объектом на карте, а как с объектами опреде-

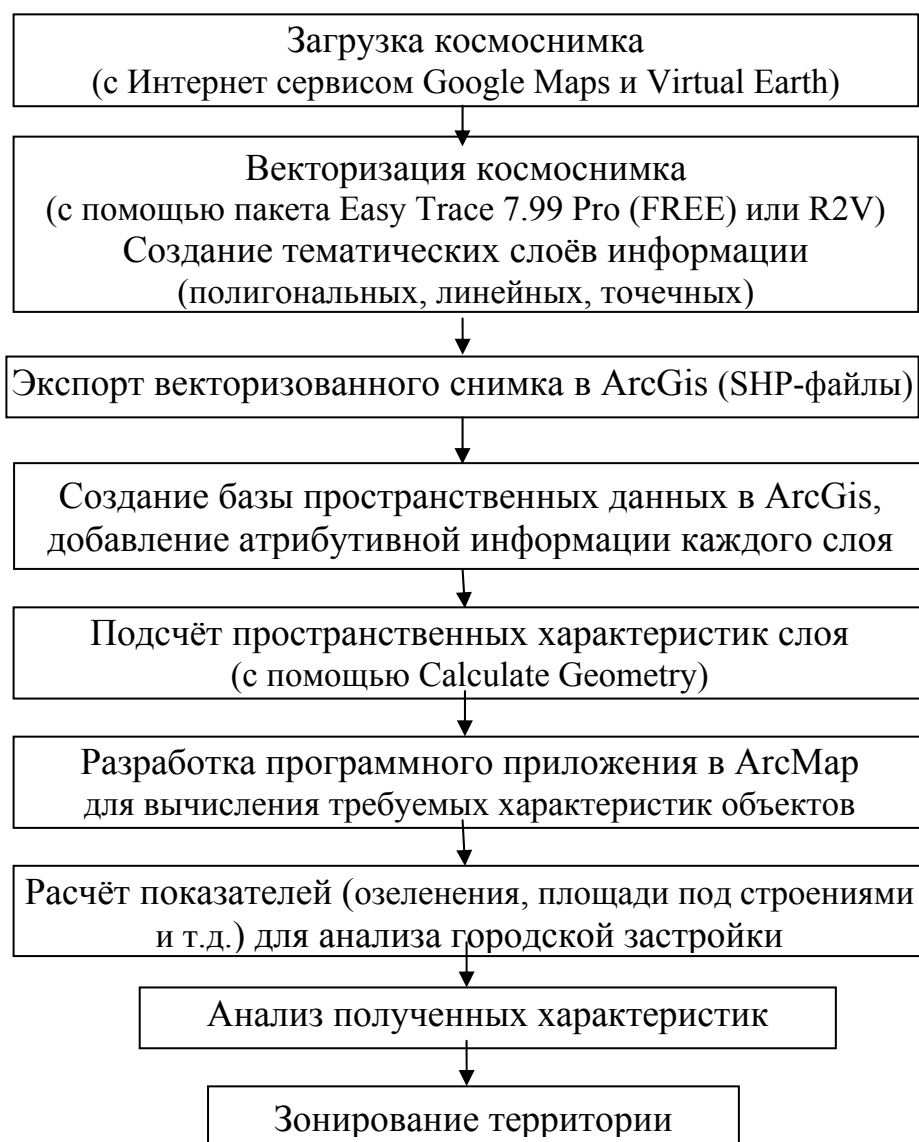


Рис.2. Схема ГИС-технологии мониторинга городской застройки

Шаг 0. Формулировка задачи. На основе нормативной документации [7], имеющейся градостроительной информации выделяют показатели для анализа городской застройки, расчёт которых можно реализовать с помощью ГИС (границы функциональных зон специального назначения или другая градостроительная информация, требующая мониторинга). При рассмотрении зон «жилая застройка», «парки», «дороги» можно выделить соответствующие показатели для мониторинга и сравнения их фактических значений с нормативными (по нормативам [7] удельный вес озелененных территорий в пределах застройки городов должен быть не менее 40 %).

Шаг 1. Загрузка спутниковых снимков из Интернет-осуществляется с помощью программ Google Maps и Virtual Earth (<http://earth.google.com>), благодаря сервисам которых для любой территории земного шара доступны бесплатные спутниковые снимки различного разрешения.

Шаг 2. Векторизация космоснимков. Проведенный анализ пакетов векторизации позволяет сделать вывод, что адекватный инструментарий для приведения космических снимков в векторный вид и последующей обработки в

ArcGIS содержат пакеты Easy Trace (FREE) и R2V. Easy Trace – это набор утилит (подготовки растров, автоматической оцифровки и распознавания объектов, поддержки топологической структуры данных) и инструментов (редактирования объектов, поддержки работы оператора), причем не "чёрный ящик", как многие программы автоматической векторизации, а конструктор, позволяющий собрать свою технологию под конкретные материал и задачу [9].

Задачи векторизации космоснимка для мониторинга городской застройки требуют учета специфики градостроительной информации и включают:

- восстановление геометрических характеристик объектов (области – корректные полигоны, а не наборы фрагментов, составляющие их границы);
- подчинение объектов дополнительным требованиям (контуры зданий, как правило, имеют прямые углы и выровнены вдоль осевых линий улиц);
- топологическая связность объектов (корректные общие границы, вершины или узлы), согласованные связи между точечными, линейными и полигональными объектами, соблюдение всех тех требований, которые обеспечивают корректную топологию модели данных, принятой в ГИС.

Применение инструментария автоматической трассировки для таких задач не дает удовлетворительных результатов, поэтому используется технология полуавтоматической векторизации. Эффективная трассировка требует чёрно-белых растров с чёткими линиями и резкими границами заливок, поэтому производится предобработка растров, преобразование палитры космического снимка в шкалу серого. Процесс векторизации разбивается на ряд шагов [9] (рис. 3). Привязка растра осуществляется с помощью исходной карты-подложки (рис.1).

Шаг 3. Создание слоев градостроительной информации. Тематические слои выделяются в соответствии с задачей мониторинга. При рассмотрении зон «жилая застройка», «парки», «дороги» можно выделить соответствующие полигональные и линейные слои.

Шаг 4. Экспорт векторного снимка в ArcGIS (SHP-файлы), послойное представление полученной векторной карты в ArcGIS [10, 11]. В данной работе векторизована только часть космоснимка (центр города), созданы три векторных слоя («застройка», «парки», «дороги»).

Шаг 5. Создание базы пространственных данных в ArcGIS [11], содержащей необходимые для анализа тематические слои, добавление атрибутивной информации каждого слоя.

На рис. 4 представлены фрагменты слоев и их атрибуты. Например, слой «застройка» имеет такие атрибуты, как площадь, периметр, этажность; «парки» – название парка, площадь, периметр; «дороги» – название улицы (проспекта), длина (протяженность) и т.п.

Шаг 6. Расчёт пространственных характеристик отдельных объектов и слоев. Площадь и периметр полигонов зданий и парков, длина линий дорог определяются с помощью инструментария Calculate Geometry. В результате таблица атрибутов пополняется новыми полями (с посчитанными площадями и периметрами полигонов под застройкой, под парками, длинами дорог).



Рис. 3. Технологическая цепочка процесса векторизации космического снимка

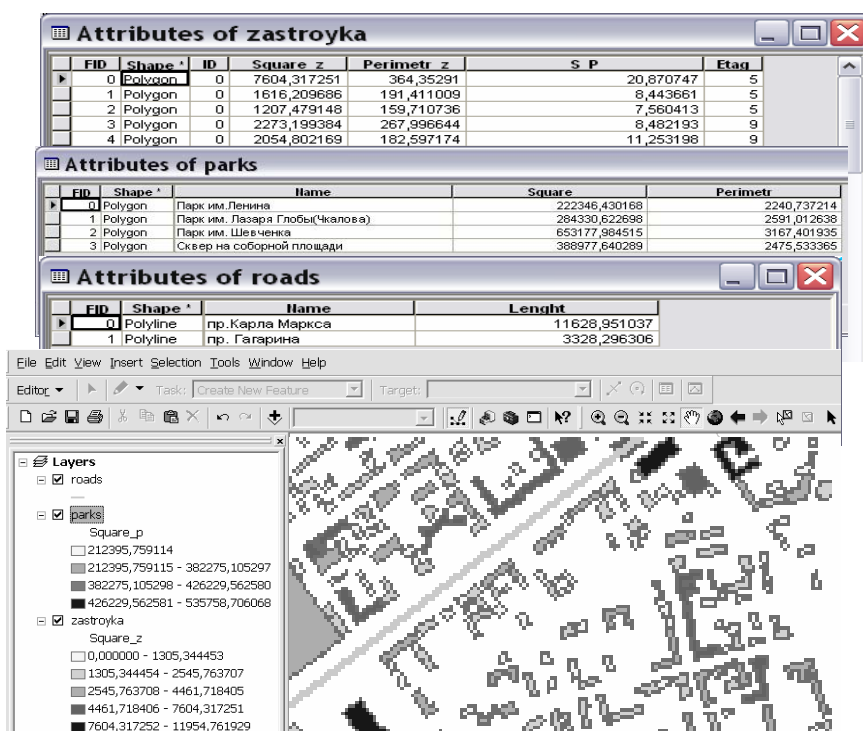


Рис. 4. Фрагменты слоев «застройка», «парки», «дороги» с атрибутами

При расчете пространственных характеристик надо учитывать, что единицы измерения соответствуют исходным единицам. Если данные представлены в географической системе координат, то получаемые по умолчанию значения площадей в десятичных градусах (что неприемлемо). Если данные в неизвестной системе координат, и единицы измерения также не заданы, то расчеты могут быть произведены, однако единицы измерения останутся неизвестными.

Шаг 7. Разработка программного приложения в ArcMap для вычисления требуемых характеристик объектов в среде ArcGIS осуществляется на языке Visual Basic for Applications (VBA), который встроен в ArcCatalog и ArcMap. С его помощью расширяют ArcGIS новыми командами, инструментами, меню и модулями, получают доступ к объектам приложения с целью управления данными, установки различных видов представления карт.

Например, для картографического моделирования взаимосвязи зон (полигонов) застройки в разные моменты времени разрабатывается и подключается в ArcGIS программа для расчета коэффициента соответствия площадей (рис. 5):

$$K_{\text{CAC}} = \frac{S(C)}{S(A) + S(B) + S(C)},$$

где A – зона застройки в момент времени T_1 , B – в момент времени T_2 , C – в моменты T_1 и T_2 ; соответственно $S(A)$, $S(B)$, $S(C)$ – площади зон A, B, C.

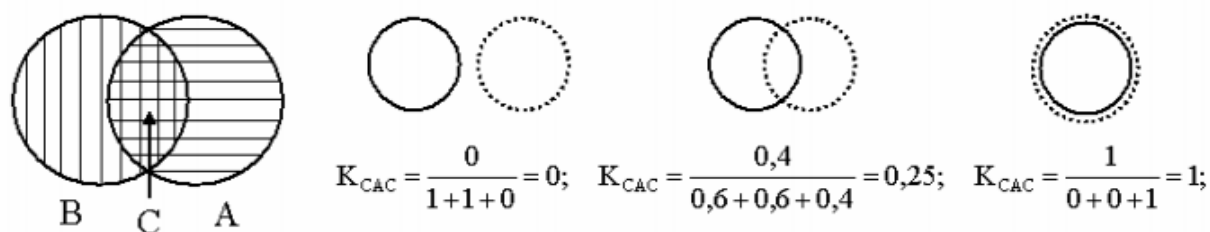


Рис. 5. Подсчет коэффициента соответствия площадей

Шаг 8. Подсчет показателей (озеленения, площади под строениями, под парками, отношения площадей) для анализа городской застройки. Оценка густоты настрйки, соответствия площадей зон застройки в разные моменты времени.

Шаг 9. Анализ полученных характеристик.

Совмещение разновременных векторизованных космоснимков позволяет выделять участки, на которых произошли изменения за период между космическими съемками. Пространственное расположение объектов исследуется при помощи анализа размещения, связей и других взаимоотношений объектов и их атрибутов. Основные ГИС-операции при этом: оверлей (определение принадлежности точки полигону, линии полигону, полигона полигону; наложение двух полигональных слоев; уничтожение границ одноименных классов полигонального слоя с порождением нового слоя; определение линий пересечения объектов; объединение объектов одного типа), буферизация, анализ близости, сетевой анализ.

В оверлейных операциях участвуют два и более слоев, имеющих похожий географический охват; объекты этих слоев перекрывают, пересекают или примыкают друг к другу (например, пересечение слоя «застройка» векторизованного космоснимка и слоя границ районов для дальнейшего подсчета густоты застройки в районах города).

Шаг 10. Зонирование территории, актуализация градостроительной информации более «свежими» данными о застройке города, взятыми с космического снимка. Сопоставление объектов оцифрованного с космического снимка тематического слоя с информацией, имеющейся в соответствующих исходных картах, позволяет специалистам определить здания, имеющие признаки самовольного строительства, а также земельные участки, используемые не по назначению.

В задачах зонирования города по одному атрибуту («этажность застройки», «площадь парка») используются схемы классификации «естественная разбивка», «квантиль», «стандартное отклонение», «равные интервалы» [12]. Уточнение границ существующих градостроительных зон производится путем наложения соответствующего векторного слоя на карту зонирования (рис. 1).

Выводы. Предложена ГИС-технология мониторинга городской застройки на базе обработки и анализа космических снимков, включающая векторизацию, создание пространственной базы данных, ГИС-анализ слоев градостроительной информации, зонирование территории. Апробация технологии на реальных данных (космическом снимке и картах центра Днепропетровска) свидетельствует о целесообразности ее внедрения для решения задач оперативного мониторинга городской застройки.

Список литературы

1. Карпінський Ю., Лященко А. Стратегія формування національної інфраструктури геопросторових даних в Україні – К., 2006. – 108 с.
2. Применение ГИС при разработке градостроительной документации // Эл. ресурс. URL: http://www.dataplus.ru/Arcrev/Number_40/11_grad.html
3. Скатерщиков С. ГИС в градостроительном проектировании и управлении территориями // Эл. ресурс. URL: <http://www.cl.spb.ru/enko>
4. Информационные системы обеспечения градостроительной деятельности для муниципальных образований // Эл. ресурс. URL: <http://www.gradkadastr.ru>
5. Базарнова Н.В., Додоевко Т.Е., Куценко Т.А., Лелюх С.А., Чернов В.В. Градостроительное дешифрирование космических снимков высокого разрешения // Учен. записки ТНУ, сер. Геогр., Т.19 (58) – 2006. – С.9-13.
6. Космические исследования для градостроительства. – Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1981. – 176 с.
7. Державні будівельні норми України. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. ДБН 360-92**. – Київ.– Укрархбудінформ. – 2002.
8. Карпик А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: Монография. - Новосибирск: СГГА, 2004. - 260 с.
9. Easy Trace - интеллектуальное программное обеспечение для векторизации карт // Эл. ресурс. URL: <http://www.easytrace.com/site/russian/easytracepro/download.html>
10. Минами М. ArcMap: Руководство пользователя – ESRI Press, Пер. с англ. – Data+ LTD, 2004. – 508 с.
11. Маккой Д. ArcGIS9: Работа с базами геоданных– ESRI Press, Пер. с англ. – Data+ LTD, 2001. – 227 с.
12. Сарычева Л.В. Компьютерный эколого-социально-экономический мониторинг регионов. Геоинформационное обеспечение. Монография. – Днепропетровск: НГУ, 2003. – 174 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Зберовським О. В.
Надійшла до редакції 29.10.10*