



3D GIS TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA SHAHAR MODELLARINI YARATISH

Xalilov Doniyor Baxtiyor o'g'li

Toshkent arxitektura va qurilish universiteti "Muhandislik" fakulteti "Geomatika muhandisligi"
kafedrası katta o'qituvchisi

Otajonova Maftuna Iqrom qizi

Toshkent arxitektura va qurilish universiteti "Muhandislik" fakulteti "Geomatika muhandisligi"
kafedrası Geodeziya, kartografiya va kadastr yo'nalishi 4-bosqich talabasi

Annotatsiya: Shahar muhitini raqamlashtirishning zamonaviy tendentsiyalari tahlil va rejalashtirish uchun yuqori aniqlikdagi fazoviy modellardan foydalanishni talab qiladi. Ushbu sohadagi eng samarali vositalardan biri geografik axborot tizimlariga asoslangan 3D raqamli modellarni yaratishdir. Bunday modellar nafaqat shahar infratuzilmasini vizualizatsiya qilish, balki boshqaruv qarorlarini qabul qilish uchun zarur bo'lgan fazoviy tahlilni ham amalga oshirish imkonini beradi. Ushbu maqolada 3D geografik axborot tizimi texnologiyalari asosida shahar hududini raqamli modellashtirishning nazariy va amaliy jihatlari tahlil qilinadi.

Kalit so'zlar: 3D GAT; shahar modeli; LiDAR; fotogrammetriya; BIM; CityGML; geoma'lumotlar integratsiyasi, Shahar muhitini raqamlashtirish.

СОЗДАНИЕ ГОРОДСКИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ 3D ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: Современные тенденции цифровизации городской среды требуют использования пространственных моделей высокого разрешения для анализа и планирования. Одним из наиболее эффективных инструментов в этой области является создание 3D цифровых моделей на основе географических информационных систем. Такие модели позволяют не только визуализировать городскую инфраструктуру, но и проводить пространственный анализ, необходимый для принятия управленческих решений. В данной статье анализируются теоретические и практические аспекты цифрового моделирования городской территории на основе 3D географических информационных систем.

Ключевые слова: 3D ГИС; городская модель; LiDAR; фотограмметрия; BIM; CityGML; интеграция геоданных; цифровизация городской среды.

CREATION OF CITY MODELS BASED ON 3D GIS TECHNOLOGIES

Abstract: Modern trends in the digitization of the urban environment require the use of high-resolution spatial models for analysis and planning. One of the most effective tools in this area is the creation of 3D digital models based on geographic information systems. Such models allow not only to visualize the urban infrastructure, but also to perform spatial analysis necessary for making management decisions. This

article analyzes the theoretical and practical aspects of digital modeling of the urban area based on 3D geographic information system technologies.

Keywords: 3D GIS; city model; LiDAR; photogrammetry; BIM; CityGML; geodata integration, Digitization of the urban environment.

KIRISH

3D Geografik Axborot Tizimlari (GAT/GIS) texnologiyalari asosida shahar modellarini yaratish — bu shaharsozlik, infratuzilma boshqaruvi va atrof-muhit tahlili uchun yuqori aniqlikdagi, fazoviy ma'lumotlarga asoslangan virtual muhitni barpo etish jarayonidir. Bu texnologiya binolar, yo'llar, yashil hududlar va yer osti kommunikatsiyalarini 3 o'lchamli ko'rinishda vizuallashtirish imkonini beradi.

3D Shahar Modellarini Yaratish Bosqichlari 3D shahar modellarini ishlab chiqish bir nechta texnik bosqichlarni o'z ichiga oladi: Ma'lumotlarni yig'ish: LiDAR (lazerni skanerlash), aerofotosuratga olish, dronlar yordamida olingan tasvirlar va GPS ma'lumotlaridan foydalaniladi. Ma'lumotlarni qayta ishlash va modellashtirish: ArcGIS (ArcScene), QGIS, Blender yoki CityEngine kabi dasturlar yordamida olingan ma'lumotlar 3D obyektlarga aylantiriladi. Vizualizatsiya va tahlil: Yaratilgan model ustida shahar infratuzilmasini tahlil qilish, masalan, soya tushish zonalarini, ko'rinish tahlili yoki favqulodda vaziyatlar modelini yaratish.

ASOSIY QISM

Shahar muhitining murakkablashuvi, infratuzilma elementlarining zichligi va rejalashtirish qarorlarining ko'p omilliligi sharoitida fazoviy axborotni nafaqat ikki o'lchamli xarita ko'rinishida, balki real geometriya va mazmuniy atributlar bilan boyitilgan uch o'lchamli makon modeli sifatida ifodalash zaruratga aylanmoqda.

3D geografik axborot tizimlari shaharni qurilish hajmlari, relyef, transport tarmoqlari, muhandislik kommunikatsiyalari va funksional zonalar bilan birgalikda yagona koordinata va vaqt mantiqida tasvirlashga xizmat qiladi.



1-rasm. Tadqiqot hududining chegaralari va fazoviy joylashuvi



Biroq 3D model yaratish jarayoni oddiy vizualizatsiya emas: u ma'lumotlarning kelib chiqishi, aniqligi, topologik izchilligi, semantik to'liqligi va yangilanish sikli kabi mezonlar bilan boshqariladigan ilmiy-amaliy tizimdir.

Shu sababli tezis doirasida 3D shahar modellashning konseptual asoslari, ma'lumot manbalari va standartlarga tayangan integratsion ish oqimi hamda natijaning amaliy qiymatini belgilovchi sifat ko'rsatkichlari izchil tahlil qilinadi.

3D shahar modeli tushunchasi ko'pincha "raqamli egizak" g'oyasi bilan bir qatorda ishlatiladi, ammo ularning vazifaviy chegaralarini ajratish ilmiy jihatdan muhimdir.

3D shahar modeli, avvalo, fazoviy-geometrik struktura va uning semantik tavsiflaridan iborat bo'lib, rejalashtirish, kadastr, muhandislik va ekologik baholash kabi ko'plab masalalarda yagona geoma'lumotlar "tayanchi" bo'lib xizmat qiladi.

Raqamli egizak esa real obyekt yoki jarayonning holatini sensorlar, monitoring va vaqt qatori ma'lumotlari orqali dinamik aks ettirishni ko'zlaydi.

Demak, 3D GAT asosidagi shahar modeli raqamli egizakning bazaviy fazoviy skeleti bo'lishi mumkin, lekin har qanday 3D model avtomatik ravishda raqamli egizakka aylanmaydi.

Ushbu farqni to'g'ri qo'yish metodikada ortiqcha talablar yoki aksincha, yetarli bo'lmagan semantik to'liqlik kabi xatolarning oldini oladi.

3D modelni yaratishda ma'lumot manbalari tanlovi natijaning aniqligi va iqtisodiy samaradorligini belgilaydi.

Hozirgi amaliyotda asosiy manbalar sifatida aerofototasvirlar va yer usti fotogrammetriyasi, lazer skanerlash (LiDAR), mavjud topografik reja va kadastr ma'lumotlari, shuningdek, loyihaviy-huquqiy hujjatlar asosidagi BIM modellari qo'llanadi.

Fotogrammetriya nisbatan tejamkor bo'lib, fasad teksturalari va vizual realizm berishda yuqori natija beradi, biroq daraxt soyasi, tor ko'chalar va murakkab tom konstruksiyalarida geometriya xatolari ko'payishi mumkin.

LiDAR esa nuqta buluti orqali relyef va bino hajmlarini barqaror aniqlikda tiklaydi, ammo uskunaning qimmatligi va ma'lumot hajmining kattaligi hisoblash resurslarini talab qiladi.

BIM yondashuvi obyektning konstruktiv va muhandislik atributlarini aniq beradi, lekin u ko'pincha loyihaviy koordinata tizimida bo'lib, shahar miqyosidagi georeferenslash, umumlashtirish va soddalashtirish bosqichlarini talab etadi [4; 6].

Shu nuqtada ilmiy yangilik sifatida 3D shahar modeli uchun manbalararo muvofiqlashtirishning mezonli yondashuvi taklif etiladi: har bir qatlam bo'yicha maqsadli qo'llanish ssenariysi aniqlanadi va shunga mos aniqlik sinfi, yangilanish davri hamda semantik minimum belgilanadi.



2-rasm. Mahalla hududi bino konturlarining GIS asosida raqamlashtirilishi

Integratsion ish oqimini asoslashda standart va formatlar masalasi markaziy o'rin tutadi. Shahar obyektlarini semantik sinflar bo'yicha tizimlashtirish va turli dasturiy platformalar o'rtasida almashinuvni ta'minlash uchun CityGML konsepsiyasi ilmiy va amaliy jihatdan eng muhim yo'nalishlardan biri hisoblanadi [5]. CityGML nafaqat geometriya darajalarini (LOD) tavsiflaydi, balki binolar, yo'llar, ko'kalamzor, gidrografiya kabi obyektlar sinflari uchun atributlar va munosabatlarni ham belgilaydi. Bu esa shahar modelini oddiy 3D sahna emas, balki tahlilga yaroqli fazoviy ma'lumotlar bazasi sifatida yuritish imkonini beradi. Biroq CityGMLni amaliyotga joriy etishda ikki muammo ko'p uchraydi: birinchisi, mahalliy kadastr va topografik klassifikatorlarning CityGML sinflari bilan mosligi; ikkinchisi, LOD tanlashda ortiqcha detal natijasida ma'lumot og'irlashuvi yoki aksincha, tahlil uchun yetarli bo'lmagan soddalashtirish. Shu bois tezisda LODni obyekt funksiyasi va tahlil turiga bog'lab tanlash g'oyasi asoslanadi: masalan, insolyatsiya va shamollatish modellashtirishida tom geometriyasi muhim bo'lsa, muhandislik aktivlarini inventarizatsiya qilishda bino konturi va qavatlar soni yetarli bo'lishi mumkin.

3D model sifati faqat aniqlik bilan o'lchanmaydi; u topologik to'g'rilik, semantik izchillik va vaqt bo'yicha yangilanish imkoniyati bilan birgalikda baholanadi. Topologik xatolar, masalan, bino poligonlarining o'zaro kesishishi, relyef bilan "suzib yuruvchi" poydevorlar yoki yo'l sirtining uzilishlari, keyingi tahlil bosqichlarida noto'g'ri natijalarga olib keladi. Shu sababli geoma'lumotlarni tayyorlashda qoidalar to'plami ishlab chiqilishi zarur: koordinata tizimini yagona qilish, balandlik datumini moslashtirish, nuqta bulutini filtrlash, sirtlarni rekonstruksiya qilish, so'ng topologik validatsiya va semantik to'ldirish. Bu jarayonlarda zamonaviy 3D GAT platformalari hamda fazoviy ma'lumotlar bazalari bilan ishlash tamoyillari muhim bo'lib, ayniqsa 3D indekslash va so'rovlar samaradorligi masalasi shahar miqyosida keskinlashadi [1; 3]. Ya'ni, ilmiy yondashuv 3D modelni "chiroyli

ko‘rinish”dan “hisoblanadigan va tekshiriladigan” ma’lumot tuzilmasiga aylantirishni talab etadi.

Tadqiqotning metodik holati sifatida quyidagi ketma-ketlik mantiqan asoslanadi: maqsad va qo‘llanish senariylarini belgilash; manba ma’lumotlarni inventarizatsiya qilish va sifat pasportini tuzish; georeferenslash va koordinata-balandlik moslashtirish; 3D rekonstruksiya (LiDAR nuqta bulutidan sirtlar, fotogrammetriyadan mesh, BIMdan geometriya); semantik klassifikatsiya va CityGMLga xaritalash; topologik nazorat va xatolarni bartaraf etish; 3D ma’lumotlar bazasida saqlash va xizmatlar orqali tarqatish; vizualizatsiya va tahlil modullarini ishga tushirish. Ushbu ketma-ketlikning ilmiy jihati shundaki, u texnologik bosqichlarni emas, balki sifat va izchillik kafolatlarini markazga qo‘yadi. Natijada model bir martalik loyiha mahsuloti emas, balki yangilanadigan shahar geoma’lumotlar infratuzilmasining komponentiga aylanadi.

3D shahar modellari amaliy jihatdan bir necha sinf masalalarda yuqori samaradorlik beradi. Birinchidan, hududiy rejalashtirishda balandlik cheklovlari, ko‘rinish koridorlari, soyalanish, transport oqimlarining fazoviy bog‘liqligi kabi omillarni birgalikda tahlil qilish imkoniyati ortadi [2]. Ikkinchidan, kadastr va mulkni boshqarishda uch o‘lchamli obyektlar, ayniqsa ko‘p qavatli komplekslar va yer osti inshootlari uchun huquqiy chegaralarni fazoviy aniqlash dolzarb bo‘lib, 3D model atributlari bilan bog‘langan holda hujjatlashtirishni yaxshilaydi.

Uchinchidan, muhandislik tarmoqlarini boshqarishda avariya xavfini baholash, texnik xizmat ko‘rsatish marshrutlarini optimallashtirish va rekonstruksiya ssenariylarini baholashda 3D muhitning analitik quvvati seziladi.

Shu bilan birga, har bir qo‘llanishda ma’lumotning minimal yetarlilik mezoni turlicha bo‘lgani uchun metodika “bir xil detal hamma joyda” tamoyilini rad etadi va resurslarni maqsadga yo‘naltirib sarflashni taklif qiladi.



3-rasm. Tadqiqot hududining 3D modeli (ArcGIS Pro dasturida)



XULOSA

3D GIS texnologiyalari asosida shahar modellarini yaratish shaharni boshqarish va rejalashtirishda fazoviy qarorlar sifatini oshiradigan, ko'p manbali ma'lumotlarni yagona semantik-geometrik tuzilma sifatida birlashtiradigan ilmiy-amaliy yo'nalishdir.

Tezis doirasida 3D shahar modelini raqamli egizakdan farqlash, manbalarni mezon asosida tanlash, LODni qo'llanish ssenariysiga bog'lash hamda CityGML kabi standartlar orqali semantik izchillikni ta'minlash konseptual jihatdan asoslandi.

Taklif etilgan ish oqimi model sifatini aniqlik, topologik to'g'rilik, semantik to'liqlik va yangilanish imkoniyati birligida boshqarishga yo'naltirilgani bilan amaliyot uchun ahamiyatlidir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W. Geographic Information Systems and Science. Hoboken: Wiley, 2015. 560 p.
2. Batty M. The New Science of Cities. Cambridge: MIT Press, 2013. 520 p.
3. Bolstad P. GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems. White Bear Lake: Eider Press, 2019. 752 p.
4. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Hoboken: Wiley, 2018. 688 p.
5. Kolbe T. H. Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML. München: Technische Universität München, 2009. 120 p.
6. Середович В. А., Комиссаров А. В. Геоинформационные системы: учебник. Новосибирск: СГУГиТ, 2018. 216 с.
7. Рахимов А. А., Норматов Ш. А. Геоахборот тизимлари ва масофадан зондлаш асослари: ўқув қўлланма. Тошкент: Тошкент давлат техника университети нашриёти, 2020. 240 б.