



PROIECTAREA INFRASTRUCTURII VERZI URBANE PRIN INTERMEDIUL TEHNOLOGIILOR BIM ȘI GIS

Monica-Gabriela AMUZA ¹,

¹Școala Doctorală de Urbanism, Universitatea de Arhitectură și Urbanism „Ion Mincu”, București, România

Coordonatorul științific Cerasella CRĂCIUN, Dr.arh., habil.urb., Școala Doctorală de Urbanism, Universitatea de Arhitectură și Urbanism „Ion Mincu”

Rezumat. *Articolul analizează componente de interes relaționate cu stadiul actual al proiectării și planificării urbane din România în raport direct cu necesitatea dezvoltării unei infrastructuri digitale comune și a unei practici standardizate, pentru proiectarea și gestionarea infrastructurii verzi urbane. Pentru a îndeplini acest obiectiv, articolul propune producerea de informație în colaborare multidisciplinară, conform standardului BIM (Building Information Modeling) - ISO 19650 și integrarea modelelor de informație obținute în baze de date dinamice GIS (Geographic Information System). Lucrarea stabilește o paralelă între utilizarea tradițională clasică a metodologiei BIM pentru proiectarea clădirilor și aplicarea acesteia pentru proiectarea infrastructurii verzi, evidențiind o abordare multidisciplinară care nu exclude nicio specialitate și care promovează standarde deschise, interoperabilitate, diminuarea risipei de resurse și optimizarea fluxurilor de lucru de-a lungul întregului ciclu de viață al proiectului. Prin această abordare integrată, BIM și GIS sprijină nu doar etapa de proiectare, ci și monitorizarea activă și gestionarea schimbărilor din cadrul unei infrastructuri verzi urbane, ecosistem complex și dinamic, precum și dezvoltarea urbană viitoare.*

Cuvinte cheie: *modelarea informației construite, sistem informațional geografic, ISO 19650, infrastructură verde, dezvoltare urbană.*

Introducere

În contextul progresului accelerat al tehnologiei și al digitalizării tuturor sectoarelor de activitate, sectorul construcțiilor se aliniază către adoptarea de fluxuri de lucru și instrumente digitale orientate către optimizarea rezultatelor. În România, digitalizarea la nivelul acestui sector se află într-un stadiu incipient, dar potențialul de dezvoltare este semnificativ - arhivele clădirilor din România sunt încă predominant alcătuite din documente pe hârtie, iar adesea, aceste documente sunt incomplete, deteriorate și dificil de accesat. Situația generează probleme majore pentru specialiști și pentru autoritățile publice, care nu dispun de o imagine completă și actualizată a fondului construit aflat în exploatare.

Acest fenomen este vizibil și în proiectarea și gestionarea infrastructurii verzi urbane, impactul asupra calității vieții în orașe fiind semnificativ. Infrastructura verde reprezintă un drept fundamental – dreptul la spațiu verde și la sănătate [1] și are un rol semnificativ asupra bunăstării fizice și mentale. Lucrarea propune o posibilă metodologie ce îmbină tehnologii moderne precum BIM (Building Information Modeling) și GIS (Geographic Information System), pentru a facilita dezvoltarea registrelor digitale de spații verzi, cu scopul de a asigura protejarea și dezvoltarea durabilă a acestora, printr-un control sistematic al modificărilor calitative și cantitative [2].

Tehnologiile BIM și GIS în raport cu cadrul european și internațional

BIM (Building Information Modeling) este în general greșit asociat doar cu procesul de modelare parametrică 3D, fiind redus la o simplă tehnologie. Apariția în anul 2018 a standardului ISO 19650 a reprezentat însă o schimbare de paradigmă care a mutat „accentul de la tehnologie, la procesul de management al informației” [3]. Standardul descrie BIM drept o metodologie care



se referă la „*utilizarea unei reprezentări digitale într-o manieră colectivă a unui activ construit, pentru a facilita procesele de proiectare, construire și exploatare, în vederea formării unei baze de încredere în luarea deciziilor*” [4].

Cu toate că în mod tradițional, BIM și instrumentele software dedicate sunt utilizate în proiectarea și gestionarea clădirilor, putem stabili o analogie între utilizarea BIM pentru clădiri și aplicarea sa asupra infrastructurii verzi urbane. La nivel internațional, în literatura de specialitate întâlnim un interes crescut pentru aplicarea BIM în domeniul infrastructurii verzi, întâlnind termeni precum *TIM – Tree Information Modeling* [5] sau *VIM – Vegetation Information Modeling* [6]. Este important de asemenea să subliniem că în privința infrastructurii verzi urbane, discuția se concentrează în general pe revitalizarea, reamenajarea, restaurarea sau extinderea spațiilor verzi existente, precum și a conectării acestora cu infrastructura verde, care prezintă deja o dinamică și complexitate proprie. Prin urmare, această situație ridică întrebarea – *de ce este necesară digitalizarea acestor spații verzi existente utilizând metodologia și instrumentele digitale BIM?*

În egală măsură, la nivelul Uniunii Europene, digitalizarea constituie de asemenea un obiectiv major, reflectat prin numeroasele strategii, politici și directive, printre care se numără și Directiva Inspire, care are ca scop crearea unei infrastructuri digitale comune pentru gestionarea datelor geospațiale la nivelul țărilor membre [7]. În România, Directiva Inspire a stat la baza elaborării normelor referitoare la gestionarea datelor geospațiale aferente documentațiilor de urbanism, aceste reglementări urmând să intre în vigoare începând cu anul 2025 [8]. Unul dintre obiectivele acestui demers îl constituie generarea unor baze de date naționale, care să pună la dispoziția publicului larg, seturi de date geospațiale actualizate [7], însă nu abordează în mod exhaustiv toate particularitățile specifice sistemelor de spații verzi și a patrimoniului natural.

GIS facilitează legătura între obiectul de detaliu și contextul spațial în care acesta se situează, fiind instrumentul ideal pentru gestionarea complexității și extinderii teritoriale caracteristice unei infrastructurii verzi, luând în considerare scara teritorială variabilă, în contextul mezo-teritorial – de la scuar, grădină urbană sau parc, la sistem de spații verzi urban și centură verde.

Sisteme digitale integrate BIM - GIS pentru gestionarea infrastructurii verzi

Atât BIM cât și GIS împart un numitor comun și anume informația. Producerea de informație reprezintă un proces colaborativ, astfel toate specialitățile, de la arhitectură, la inginerie civilă, urbanism și peisagistică, trebuie să facă o tranziție de la simpla proiectare CAD, la livrarea de modele geometrice care conțin informație asociată sub formă de atribute, integrând inclusiv componente economice, sociale, demografice, ecologice etc. Plasând procesul de proiectare al spațiilor verzi pe scara celor trei niveluri de maturitate BIM, conform standardului ISO 19650, se observă că acesta se regăsește preponderent în stadiul de maturitate 1 [6], care se caracterizează prin utilizarea limitată a modelelor informaționale și o colaborare minimă între discipline. Pe de altă parte, BIM presupune o colaborare cât mai bună între toți actorii ce urmează să fie implicați în elaborarea unor modele digitale complexe. Aceste modele iau naștere în urma unei planificări strategice, care consideră încă din faza de concept, întregul ciclu de viață al proiectului. Deși este adevărat că ciclul de viață al unei clădiri este mai ușor de anticipat decât cel al unui spațiu verde și al unui peisaj urban, atât din perspectiva dimensiunii, cât și a complexității funcționale, având în vedere natura sa de ecosistem dinamic, această abordare are un impact semnificativ asupra calității și asupra costurilor proiectului, în special în etapele de operare și mentenanță [4].

Procesul BIM începe prin stabilirea unui set riguros de cerințe de informații, în raport direct cu scopul proiectului și a unui Plan de Execuție BIM, document care stabilește cantitatea necesară de informații, cum se realizează schimbul de informații, cine sunt responsabilii și care sunt resursele utilizate – asigurând astfel prevenirea risipei de resurse, a blocajelor, încadrarea în termene și bugete [3].



Partea angajatoare, beneficiarul proiectului, pune la dispoziția echipelor de proiectare și un Mediu Comun de Date (Common Data Environment) [4], o platformă online ce oferă o gamă vastă de instrumente care facilitează managementul de proiect, colaborarea între membrii echipei, trasabilitatea, stocarea și arhivarea modelelor și a documentației proiectului. Bimplus, o astfel de platformă, asigură gestionarea și comparația reviziilor modelului și include funcționalități de detectare a coliziunilor între diferite specialități, care își aduc aportul în generarea unor concluzii integrate și inovare în dezvoltarea și luarea de decizii rapide, coerente și eficiente. Este relevant însă să menționăm că platforma CDE este în primul rând, deținută și destinată beneficiarului și constituie în esență „cartea digitală” a construcției.



Modificare atribute		
Material/Calitate		
Baza		
Geometrie		
0.0	Inaltime	0.000000 m
0.0	Lungime	3.722170 m
0.0	Grosime	3.990050 m
0.0	Coordonata_X	-13.98 mm
0.0	Coordonata_Y	68.59 mm
ID		
Abn		
123	Numar_marca	1
0.0	LCA - Distanța de transport	5.00 km
Utilizator		
Ab	Specie	Acer palmatum Atropurpureum
Ab	Denumirea populară	Artar japonez – Rosu
Ab	Tipologie	Arbust ornamental
0.0	Gabarit coroană	700.00 cm
0.0	Înălțime	350.00 cm
Ab	Condițiile față de sol	Permeabil
Ab	Loc de plantare	Soare
Ab	Cromatică	Rosu caramiziu
Ab	Perioada de înflorire	Mai
123	Frunze persistente	Nu
0.0	Preț/buc	30.00 EUR
123	Stare	Nou

Figura 1 - Arbore digital. Exemplu de „container de informație” în cadrul modelului BIM, realizat în Allplan. Sursa: Autorul

În egală măsură, pornind de la cerințele de informație anterior menționate, produsele de software BIM instrumentează obiectele geometrice 2D și 3D cu informație sub formă de atribute, generând „containere de informație”, care în totalitatea lor, constituie modelul de informație al clădirii, al speciilor și al vegetației aferente spațiului verde, precum și al infrastructurii verzi. Un arbore digital (Figura 1) nu se limitează la o simplă reprezentare 2D sau 3D și include informații sub formă de atribute referitoare la geometrie, coordonate, specie, vârstă, gabarite, stare curentă, relația cu pedologia solului, valoare estetică, funcțională, ecologică, factori de risc ș.a. Instrumentele software BIM asigură precizia specifică unui software CAD, dar și modelarea parametrică a obiectelor, care permite adaptarea eficientă a elementelor la modificări și actualizarea informațiilor în timp real. În plus, modelul de informație funcționează ca o bază de date din care pot fi extrase cantități și costuri, ceea ce conduce nu doar la optimizarea proceselor de calcul și extragere a datelor, ci și la un control riguros asupra resurselor.



Tabelul 1

Nivelul de informație necesar pentru un „container de informație” aferent vegetației, în raport cu scara teritorială și etapa proiectului.

Sursa: Autorul.

Tipologie	Nivel de informație		Scară teritorială			Etapă a proiectului				
			Macro	Mezzo	Micro	Concept	Proiectare	Execuție	Operare și Mentenanță	
Vegetație	Geometrie	0D	●	●	○	○	○	○	○	
		1D	●	●	○	○	○	○	○	
		2D	○	○	●	○	●	○	○	
		3D	○	○	●	○	●	●	○	
		Localizare și coordonate		●	●	●	○	●	●	●
		Comportament parametric		○	●	●	●	●	○	○
		Dimensiuni		○	○	●	●	●	●	●
		Gabarite (coroană, trunchi)		○	○	●	●	●	●	●
		Scop	Detecția coliziunilor	○	○	○	○	●	●	●
			Analiză structurală	○	○	○	○	○	○	○
	Estimare costuri		○	○	○	○	○	●	●	
	Vizualizare		○	○	●	○	●	●	○	
	Informație alfanumerică	Domeniu	Public/privat	●	●	●	○	●	●	●
		Relația cu pedologia solului		○	○	●	●	●	●	●
		Stare	Existent/Propus	●	●	●	●	●	●	●
		Specie	Rol estetic	○	○	○	○	○	○	○
			Rol funcțional	○	○	○	○	○	○	○
			Rol ecologic	○	○	○	○	○	○	○
		Tipologie	Individual	○	○	○	○	○	○	○
			Grup	○	○	○	○	○	○	○
			Aliniament	○	○	○	○	○	○	○
		Percepție	Cromatică	○	○	○	○	○	○	○
			Foliaj	○	○	○	○	○	○	○
			Relația cu lumina/umbra	○	○	○	○	○	○	○
		Standarde tehnice pentru transport, manipulare, plantare.		○	○	○	○	○	○	○
		Mentenanță	Costuri	○	○	○	○	○	○	○
			Irigație	○	○	○	○	○	○	○
Toaletare			○	○	○	○	○	○	○	

○ - 1. ○ - 2. ○ - 3. ● - 4. ● - 5.

Aceste trăsături specifice proiectării BIM sunt extrem de relevante în contextul dezvoltării bazelor de date GIS, care trebuie alimentate constant cu informație și vin în sprijinul autorităților publice, proiectanților și beneficiarilor. Conform Legii 24/2007 „autoritățile administrației publice locale au obligația să țină evidența spațiilor verzi de pe teritoriul unităților administrative, prin constituirea registrelor locale ale spațiilor verzi, pe care le actualizează ori de câte ori intervin modificări” [2]. Un registru al infrastructurii verzi urbane nu trebuie să se limiteze la simple poligoane 2D și la seturi minimale de attribute - fiecare spațiu verde este un subsistem complex, din care toți actorii interesați pot extrage atât informații geometrice, 2D și 3D, dar și attribute relevante, în funcție de parametrii specifici. Modelele de informație BIM alimentează bazele de date GIS, iar bazele de date GIS încadrează și oferă context modelelor de informație.



Rolul standardelor în optimizarea procesului de proiectare

O componentă fundamentală a cercetării este reprezentată de gestionarea nivelului de informație. Se disting trei dimensiuni esențiale conform standardului ISO 7817-1:2024: nivelul de detaliere geometrică, nivelul de informație alfanumerică și documentația necesară [9] - Tab. 1. În raport cu cerințele de informație, containerul de informație prezintă un nivel variabil al detalierei geometrice și al informației alfanumerice, în funcție de un set relevant de criterii precum scopul proiectului, reglementări tehnice, scara teritorială – macro, mezzo, micro-teritoriu sau etapa proiectului – concept, proiectare, execuție, operare sau mentenanță. Suprapunerea acestor criterii în diferite ipostaze ale proiectului, rezultă un nivel diferit de informație asociată modelului.

Pentru a produce informație în colaborare multidisciplinară, sunt necesare formate de date deschise care să asigure interoperabilitatea între diverse soluții de software BIM sau între acestea și baze de date GIS. Standardul și formatul de fișier IFC (Industry Foundation Classes) servește ca un limbaj comun pentru aceste scopuri, „*informația fiind partajată într-o manieră consecventă*” [3]. În egală măsură, standardul IDS (Information Delivery Specification) asigură un control cât mai riguros al respectării cerințelor de informație și al reglementărilor tehnice, și definește nivelul de informație necesar. Fiind una dintre cele mai eficiente metode pentru verificarea automată a conformității unui model [10], această tehnologie presupune definirea cerințelor și specificațiilor de proiect în cadrul unui fișier dedicat, validarea informației alfanumerice asociate modelului și semnalarea neconcordanțelor. Toate aceste demersuri făcute de organismele internaționale de standardizare vizează să optimizeze procesele de elaborare, schimb și livrare a informațiilor.

Concluzii

O infrastructură verde urbană implică un volum considerabil de informație, unde scara teritorială, complexitatea și dinamica fiecărui spațiu verde depășesc capacitățile unui software BIM sau ale unei platforme CDE. Un software BIM asigură elaborarea unor modele de informație cu geometrie detaliată, însă capacitatea sa de gestionare teritorială este limitată la suprafețe de dimensiuni reduse. Se recomandă identificarea unor criterii pentru federalizarea informației, adică segmentarea în modele de informație mai mici, în funcție de parametrii proiectului – scară teritorială, tipologie de spațiu verde, scop ș.a.

BIM nu se reduce însă doar la instrumentele software, așa cum este evidențiat în cadrul articolului. Procesul de proiectare conform standardelor BIM contribuie, într-un scenariu ideal, la optimizarea fluxurilor de lucru, reducerea costurilor, diminuarea blocajelor, a redundanței și a risipei de informație. În aceeași măsură, proiectarea în colaborare prin utilizarea unui mediu comun de date și a standardelor deschise, modifică fundamental procesul de proiectare și facilitează luarea unor decizii mai bine fundamentate. Proiectarea cu accent pe producerea de modele de informație facilitează dezvoltarea și alimentarea registrelor de spații verzi la nivel local, județean și național.

În virtutea acestui fapt, integrarea dintre BIM și GIS prezintă un potențial semnificativ pentru gestionarea și monitorizarea infrastructurii verzi urbane. Bazele de date geospațiale facilitează monitorizarea dinamicii infrastructurii verzi, identificând modificările asupra utilizării terenurilor, zonele deficitare, impactul pe care noile spații verzi îl au asupra calității vieții în mediul urban și asigură conservarea patrimoniului natural și a ecosistemelor integrate. Această abordare se poate extinde către „componenta albastră” (lacuri, râuri, zone umede) și către „componenta galbenă/productivă” (livezi, vii, pășuni, zone silvice și piscicole). Platformele digitale publice trebuie să asigure baze de date complexe și actualizate, care să permită juxtapunerea informațiilor rezultate din diverse categorii de interes - infrastructura verde-galbenă-albastră, fondul construit, zonele protejate construite, factorii de risc, patrimoniul natural etc., pentru o abordare holistică a teritoriului dinamic și pentru a sprijini beneficiarii, administrațiile publice, proiectanții și



comunitățile locale în procesele de planificare urbană și luare a deciziilor [11]. Rezultă o complementaritate între BIM și GIS și necesitatea unei platforme care să le integreze. Cercetarea a relevat existența unei platforme online în curs de dezvoltare în România, Registrul PlanUrb [12], dedicată documentațiilor de urbanism și de amenajare a teritoriului, ce poate servi drept model pentru crearea unui registru național de spații verzi. Platforma este conformă cu specificațiile tehnice ale Directivei Inspire [7] și furnizează acces la documentațiile de urbanism și la datele geospațiale, oferind posibilitatea vizualizării comparative între situația existentă și cea propusă, precum și un validator pentru datele ce urmează să fie încărcate, facilitând astfel alinierea la standardele moderne de proiectare [12].

În aceeași măsură, în etapa de operare și mentenanță, un spațiu verde digitalizat poate deveni un model dinamic, prin integrarea sa pe o platformă Digital Twin, exemplificată în continuare de soluția de software dTwin. În cadrul platformei, geamănul digital colectează date de la fața locului prin intermediul unui sistem de senzori și a dispozitivelor IoT [13], monitorizând toți parametrii esențiali pentru scopul și întreținerea spațiului. În plus, prin funcționalitatea de juxtapunere a modelului cu scanări 3D de la fața locului, poate fi facilitată identificarea și analiza precisă a elementelor ce populează spațiul verde, evidențiind chiar și aspecte ce țin de rolul ecologic – astfel identificarea arborilor care adăpostesc cuiburi de păsări sau animale asigură protejarea ecosistemelor și a biodiversității locale. Integrarea dispozitivelor IoT este posibilă și în cadrul bazelor de date geospațiale INSPIRE, existând formate de date deschise precum OGC SensorThings API [14]. Prin urmare, în contextul proiectării care ia în considerare întregul ciclu de viață al proiectului, se remarcă și în această etapă, necesitatea unui sistem care integrează caracteristicile unei platforme Digital Twin cu tehnologia GIS, pentru evaluarea impactului pe termen lung pe care infrastructura verde o are asupra sistemelor ce compun mediului urban, dar și impactul pe care factorul uman sau hazardele naturale o are asupra sa.

În completarea aspectelor tehnice analizate anterior, este esențial să considerăm și latura umană în procesul de proiectare, deoarece peisajul implică o componentă sensibilă, derivată din estetică, percepție și ambianță. Rolul proiectantului este de a interpreta datele și de a le trece prin filtrul specialistului, pentru ca aceste baze de date digitale să integreze în viitor, elemente sensibile, transformând invizibilul în vizibil (volum, echilibrul dintre plin și gol, sunet, miros, texturi etc.). Aceste considerații vor fundamenta cercetările viitoare, integrând o componentă inovatoare în dezvoltarea bazelor de date dinamice.

Surse bibliografice:

- [1] C. Craciun and A. Acasandre, "The Right to the Landscape and The Landscape Right. Landscape as a Tool of Meta-Ethic and Multidimensional Education in The Knowledge Society," in *7th LUMEN International Conference New Approaches in Social and Humanistic Sciences. in Multidimensional Education and Professional Development. Ethical Values – MEPDEV 2015*, vol. 5, A. Sandu, A. Frunza, T. Ciulei, L. Gorghiu, Eds., Târgoviște: Medimond Publishing Company, 2016. pp. 173-181. [Online]. Available: <http://www.edlearning.it/proceedings/moreinfo/20151112.htm>
- [2] Parliament, "Law no. 24 of January 15, 2007, regarding the Regulation and Administration of Green Spaces within City Built-up Areas", 2007.
- [3] Ministry of Development, Public Works and Administration, "Guidelines for the Management and Monitoring of Information Generated Using the BIM System, RTC 8-2022, Annex to Order no. 2.221 of October 13, 2023", 2023.
- [4] International Organization for Standardization, "ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling. Part 1: Concepts and principles", 2018.



- [5] Q. Shu, T. Rötzer, A. Detter and F. Ludwig, "Tree Information Modeling: A Data Exchange Platform for Tree Design and Management". in *Forests*, 2022. doi: <https://doi.org/10.3390/f13111955>
- [6] D.M. Torrejón García, "Vegetation Information Modeling (VIM). The Tree as the Main Element in the Construction Process of Landscape Architecture". in *Architectural Graphics. EGA 2022. Springer Series in Design and Innovation*, vol 22, M.A. Ródenas-López, J. Calvo-López, J., M. Salcedo-Galera Eds., Springer, Cham, 2022. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-04703-9_42
- [7] European Parliament and the Council of the European Union, "Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)", 2007. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32007L0002>
- [8] Ministry of Development, Public Works and Administration, "Order no. 904 of May 15, 2023, regarding the amendment and completion of the Methodological Norms for the Application of Law no. 350/2001 on Spatial Planning and Urbanism and for the Preparation and Update of Urban Planning Documentation, approved by the Order of the Deputy Prime Minister, Minister of Regional Development and Public Administration, no. 233/2016", 2023.
- [9] International Organization for Standardization, "ISO 7817-1:2024, Building Information Modelling — Level of Information Need — Part 1: Concepts and Principles", 2024.
- [10] A. Tomczak, L. van Berlo, M. Bolpagni, T. Krijnen, and A. Borrmann, "A review of methods to specify information requirements in digital construction projects," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1101, 2022. doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1101/9/092024>
- [11] A.-I. Gârjoabă and C. Crăciun, "Supporting the Process of Designing and Planning Heritage and Landscape by Spatializing Data on a Single Support Platform. Case Study: Romania", *RREM*, vol. 14, no. 4, pp. 54-68, Dec. 2022. doi: <http://dx.doi.org/10.18662/rrem/14.4/629>
- [12] "Registru documentații de amenajare a teritoriului și de urbanism," *Date Locale*. [Online]. Available: <https://datelocale.mdlpa.ro/ro/planning/registru/>. [Accessed: Oct. 25, 2024].
- [13] A. Ghencea, A. M. Grănescu, and M. G. Amuza, "Dynamically linking of digital databases to ensure and enhance public safety," *Romanian Journal of Forensic Science*, vol. 138, pp. 223, 2024.
- [14] A. Kotsev, K. Schleidt, S. Liang, H. van der Schaaf, T. Khalafbeigi, S. Grellet, and M. Beaufils, "Extending INSPIRE to the Internet of Things through SensorThings API," *Geosciences*, vol. 8, no. 6, p. 221, 2018. doi: <https://dx.doi.org/10.3390/geosciences8060221>