

ՀՏԴ 721:69.05.04

ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆ, ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐ

ՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՏԵՂԵԿԱՏՎԱԿԱՆ ՍՈՂԵԼԱՎՈՐՄԱՆ ՊԱՏՄՈՒԹՅԱՆ
ՈՐՈՇ ԴՐՎԱԳՆԵՐ

Մարինե Լավրենտիի Ղազարյան

*Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ՀՀ, ք. Երևան
mghazaryan@nuaca.am*

Շինությունների տեղեկատվական մոդելավորումը (Building Information Modeling) (ՇՏՄ/BIM), որպես Ճարտարապետության, Ճարտարագիտության և շինարարության նորարարական շարժում, աստիճանաբար ներթափանցում է ոլորտ՝ առաջ բերելով փոփոխություններ տեղական և միջազգային աշխատանքային կանոնակարգերում և ձևաչափերում: Հողվածի նպատակն է ժամանակագրական կարգով ներկայացնել ՇՏՄ զարգացման ընթացքն ամենավաղ ժամանակներից, երբ առաջին գրաֆիկական փաթեթներն էին ստեղծվում, մինչ ներկայիս ժամանակները, երբ բարդ ծրագրային փաթեթները թույլ են տալիս իրականացնել շինարարական նախագծերի համակարգված իրականացում:

Առանցքային բառեր. ՇՏՄ պատմություն, ՇՏՄ ծրագրային փաթեթներ, BIM

Ներածություն

Շինությունների տեղեկատվական մոդելավորումը, որպես Ճարտարապետության, Ճարտարագիտության և շինարարության նորարարական շարժում, աստիճանաբար ներթափանցում է ոլորտ՝ առաջ բերելով փոփոխություններ տեղական և միջազգային աշխատանքային կանոնակարգերում և ձևաչափերում: Որոշ զարգացած և զարգացող երկրներում նոր շինությունների թվային մոդելների ներկայացման համար մշակված հարթակներն օգտագործվում են շինության ողջ կյանքի ընթացքում՝ նախագծումից մինչ քանդում [1-8]: Առկա շինությունների համար՝ տեղեկատվական մոդելավորումը լազերային սկանավորման, ֆոտոգրամետրիայի և հարակից տեխնոլոգիաների միջոցով նույնպես ՇՏՄ է համարվում [9, 10]: Ամպային հենքով նախագծի կառավարումը, շինության իրական պատկերի տեսողական ներկայացումը, տվիչների վրա հենված շինությունների մշտադիտարկումները տեխնոլոգիաներ են, որոնք նույնպես վերագրվում են ՇՏՄ-ին [11-14]: Այսպիսով, ինչ է ՇՏՄ-ն:

ՇՏՄ-ի բազմաթիվ սահմանումներից ընտրված է ISO 29481-1:2016 ստանդարտում բերվածը, որը ՇՏՄ-ն համարում է «կառույցի ընդհանուր թվային ներկայացում (այդ թվում՝ շենքերի, կամուրջների, ճանապարհների և այլն) նախագծման, շինարարության և շահագործման գործընթացների ժամանակ՝ որպես որոշումներ կայացնելու հուսալի հիմք» [15]:

Սկիզբ

ՇՏՄ-ի զարգացման պատմությունը տեղեկատվական տեխնոլոգիաների զարգացման պատմության մասն է կազմում: Տեղեկատվական տեխնոլոգիաները հատկապես արագ սկսեցին զարգանալ երկրորդ համաշխարհային պատերազմի ժամանակ, երբ հարկ եղավ մեծ քանակությամբ ականների հետագծեր հաշվարկել: Կարելի է ասել, որ ՇՏՄ-ն իր սկիզբն առնում է դեռևս 1950թ. կեսերից, երբ մշակվեց առաջին գրաֆիկական փաթեթը՝ ԱՄՆ ռազմաօդային ուժերի SAGE (Semi-Automatic Ground Environment) հակաօդային պաշտպանական համակարգը [16]: Հետագայում, 1957թ. Պատրիկ Ջ.-ն, ով հայտնի է որպես CADD/CAM-ի ստեղծող, մշակեց PRONTO ծրագրավորման լեզուն՝ նախատեսված համակարգչային օժանդակությամբ նախագծման համար [17]: 1960թ. Իվան Սաթերլանդը հեղինակեց SKETCHPAD-ը, որը համարվում է CAD-ի նախատիպը: 1962թ. Դուգլաս Ք. Էնգլեբարտը՝ համակարգչային առաջին «մկնիկի» ստեղծողը, ցույց տվեց ճարտարապետության ոլորտում ծրագրային միջոցների ապագա զարգացման հնարավորությունները [18]: Այսպիսով, 3D մոդելավորումը սկսել է զարգանալ 1960-ական թվականներին՝ հիմնվելով համակարգչային նախագծման ծրագրերի վրա (Computer Aided Design-CAD): Նման պարամետրական մոդելավորման գործիքներ մշակվել և կիրառվել են տնտեսության շատ ճյուղերում: Շինարարությունը երկար ժամանակ սահմանափակվում էր ավելի վաղ մշակված 2D մոդելով, քանի որ այն ավելի մոտ էր ավանդական մեթոդին [18,19]: Համաձայն որոշ հետազոտությունների, ՇՏՄ-ն առաջ է եկել փորձնական ծրագրերում՝ 2000-ականների սկզբին [20], ճարտարապետներին և ինժեներներին շենքերի նախագծման ժամանակ աջակցելու համար: Սակայն պետք է նշել, որ այն շատ ավելի վաղ նախատիպեր է ունեցել: Համաձայն AEC հանդեսի [21], ՇՏՄ նախահայրերից մեկն է Ջոնաթան Ինգրամը, ով ստեղծել է հետևյալ առաջին BIM գործիքները՝ BDS, SONATA, REFLEX և Pro-REFLEX [21]: Պատմականորեն ճարտարապետության ու շինարարության ոլորտ նոր տեխնոլոգիաները մուտք են գործել արդյունաբերության ոլորտից, որը մշտապես ավելի առաջադեմ է եղել և ավելի վաղ է ընդունել նորարարական տեխնոլոգիաները: Անցյալ դարի 80-կաններին մշակվեցին մի շարք ծրագրային փաթեթներ՝ Intergraph(2D+3D), RUCAPS(2D+3D), Autocad(2D), GDS(2D+3D), ARRIS(2D+3D), AES(2D+3D), (2D+3D), SONATA(COMBINED), RADAR CH(Graphisoft)(3D): Վերոնշյալ ծրագրային փաթեթներից SONATA-ն որոշ մասնագետների կողմից համարվում է REVIT-ի նախատիպը: Այն աշխատում էր Apollo համակարգում և կարելի է համարել առաջին սերնդի BIM փաթեթ: Մեծ թվով խոշոր նախագծեր են իրականացվել այս փաթեթի օգնությամբ՝ փոխելով մոդելավորման և համակարգչային դիզայնի մասին մտածելակերպը: Պետք է նշել, որ այդ ժամանակ համակարգչային սարքերն ու ծրագրային ապահովումը դեռևս շատ թանկ էին: Ինգրամի հաջորդ ծրագիրը կոչվում էր REFLEX, այն SONATA-ի ուղղակի ժառանգորդն էր և BIM-ի զարգացման հաջորդ քայլը: Վերջինս ստեղծելով կառույցի 3D մոդելը, միևնույն փաթեթի մեջ համակարգում էր

շինարարական ծրագրի իրականացման ժամանակացույցը (4D) և ծախսերը (5D): Այս փաթեթի շնորհիվ հնարավոր եղավ ստեղծել կառուցվող շինության համակարգչային վիզուալ պատկերը, նվազագույնի հասցնելով նախագծային փոփոխությունների գործառնությունները շինարարության ընթացքում: Շինության մոդելավորումով դյուրինացվում է տեղեկատվական հոսքը շինարարության կառավարման ժամանակ: Ինգրամի հաջորդ փաթեթը՝ Pro-REFLEX-ը, աշխատում էր արդեն մեզ համար սովորական սեղանադիր համակարգիչների վրա: Այն վաճառվել է PTC-ին (Parametric Technology Corporation), սակայն հաջողություն չի ունեցել, քանի որ PTC-ի երկու ծրագրավորողներ՝ Լեոնիդ Ռայզը և դոկտոր Իրվին Ջոնգիրիսը լքել են ընկերությունը, իրենց հետ վերցնելով Pro-REFLEX-ի զարգացման լիցենզիան: Pro-REFLEX-ը ոգեշնչել է նրանց՝ զարգացնելու REVIT-ը [22]: Այս փաթեթի ստեղծումով նրանք նպատակ ունեին մի հարթակ ստեղծել, որը կգերազանցի ArchiCAD-ի հնարավորությունները և թույլ կտա ավելի բարդ ճարտարապետական նախագծեր իրականացնել: 2000թ. նրանց ընկերությունը մշակեց REVIT-ի նախնական տարբերակը: REVIT անվանումը «վերանայում և արագություն» բառերի անգլերեն տարբերակների համադրումից է առաջացել և գրված է C++ լեզվով: REVIT-ը հեղափոխեց շինությունների տեղեկատվական մոդելավորման աշխարհը, ստեղծելով հարթակ տեսողական ծրագրային միջավայրի և պարամետրիկ ընտանիքների ստեղծման համար, ինչպես նաև հնարավորություն տվեց ավելացնել ժամանակի հայտանիշը (4D)՝ այն կապելով շինության տեղեկատվական մոդելի հետ: Այս փաթեթը հնարավորություն է տալիս կապալառուներին ստեղծել BIM մոդելների հիման վրա կառուցապատման ժամանակացույց և կառավարել շինարարության ընթացքը: REVIT-ով արված ամենահին նախագծերից մեկը Մանհեթենի Ազատության աշտարակն է (ք.Նյու Յորք), որը մի շարք առանձին, սակայն փոխկապակցված BIM մոդելների միջոցով է իրականացվել՝ իրական ժամանակի մեջ, ծախսերի համադրման հնարավորությունով և շինանյութերի մատակարարման համատեղ ժամանակացույցով: Շինարարության ոլորտում համակարգվածություն և արդյունավետության բարելավում է ապահովում նախագծերի ինտեգրված իրականացումը (ՆԻԻ, Integrated Project Delivery (IPD))՝ հնրավորություն է տալով դիտել և փոխազդել ծրագրի ընթացքի վրա և՛ ճարտարապետներին, և՛ ճարտարագետներին, և՛ կապալառուներին՝ միաժամանակ: REVIT-ը հետագայում վաճառվել է Autodesk-ին:

Նույն ժամանակահատվածում Կեյթ և Բարրի Բենթլիները հիմնադրեցին «Բենթլի սիստեմներ» կազմակերպությունը: Կազմակերպությունը 1985թ. ներկայացրեց PseudoStation փաթեթը, որը թույլ տվեց գրաֆիկական տերմինալներից օբյեկտների նախագծում և դիտում իրականացնել [22]:

1980-ականների սկզբին Անգլիայում մշակվեցին մի քանի համակարգեր [23], որոնցից RUCAPS-ը օգտագործվել է՝ աջակցելու Հիթրոու օդանավակայանի Տերմինալ 3-ի փուլային շինարարության ընթացքին (ք.Լոնդոն):

Թեև վերը նշված հիմնական զարգացումները տեղի էին ունենում Միացյալ Նահանգներում և Անգլիայում, Խորհրդային բլոկն էլ ուներ իր ծրագրավորման կարկառուն մասնագետները BIM-ի ստեղծման ոլորտում: Գաբոր Բոյարը ArchiCAD-ի համահիմնադիրն է, որը մշակվել է 1982թ. ք.Բուդապեշտում (Հունգարիա): Նախնական տարբերակը՝ Radar CH-ն թողարկվել է 1984թ. Apple Lisa օպերացիոն համակարգում: Հետագայում այն վերափոխվեց ArchiCAD-ի: ArchiCAD-ն առաջին BIM ծրագրային ապահովումն է, որը հասանելի է եղել անհատական համակարգիչների համար: Ծրագիրը դանդաղ է կյանք մտել, քանի որ Բոյարը ստիպված էր պայքարել ոչ բարեկամական գործարար միջավայրի հետ: ArchiCAD-ի ներկա տարբերակների մշակումներն իրականացվում են Graphisoft ընկերության կողմից:

Ներկան

Ճարտարապետական նախագծային ֆայլերի ստեղծումն անհրաժեշտ է համատեղել ինժեներական նախագծերի հետ: Վերջին տարիների ընթացքում Autodesk-ը թողարկել է REVIT-ի մի շարք տարբերակներ՝ կոնստրուկտորների և ինժեներների համար: Նման ընդլայնված համագործակցությունը զգալի ազդեցություն ունեցավ ոլորտի վրա՝ զարգացնելով նախագծերի ինտեգրված իրականացման հնարավորությունը: Այս հարթակում տարբեր մասնագետներ կարող են աշխատել տարբեր պարբերականությամբ թարմացվող փոխադարձ հասանելի BIM փաթեթի վրա [24]: Կենտրոնական ֆայլը կարող են դիտել բոլոր օգտատերերը, սակայն նրանցից յուրաքանչյուրը կարող է փոփոխել ֆայլի միայն այն մասը, որն իր աշխատանքային տիրույթում է: REVIT-ի այս առանձնահատկությունը հնարավորություն է տալիս ճարտարապետներին և ճարտարագետներին աշխատել մեկ ինտեգրացված ֆայլի վրա: Ավելին, այժմ մի շարք ընկերություններ աշխատում են BIM-ի մոդելների արտացոլման (վիզուալացման) ուղղությամբ՝ օգտագործելով վիրտուալ իրողությունը:

Ճարտարապետների և ճարտարագետների կողմից օգտագործվող փաթեթների բազմազանությունը գործնականում դժվարացնում է այդ ֆայլերի փոխանակումները՝ տարբեր ֆայլային ձևաչափերի պատճառով: Այս խնդրի դեմ պայքարելու համար «Միջազգային հիմնարար դասեր» ամերիկյան կազմակերպությունը՝ International Foundation Class (IFC), ձևաչափ է մշակել, որը թույլ է տալիս տվյալների փոխանակում իրականացնել մեկ BIM ծրագրից մյուսին: Առաջին ձևաչափը մշակվել է դեռևս 1995 թ., որն էլ շարունակաբար բարեփոխվում է մինչ այժմ: Խնդիրների մեկ այլ տեսակ է ճարտարապետական և ճարտարագիտական նախագծերի համադրումը: Այս տիպի խնդիրների լուծման համար ստեղծվել է Navisworks ծրագիրը, նպատակ ունենալով տեսանելի դարձնել և համակարգել տարբեր ձևաչափերով ստեղծված ֆայլերը: Navisworks-ը և ReCAP-ը թույլ են տալիս տվյալներ հավաքագրել, շինարարական մոդելավորումներ անել և հայտնաբերել տարբեր նախագծերի թերությունները՝ այսպիսով խուսափել կամ նվազագույնի հասցնել նախագծային սխալները: Այն այսօր օգտագործվում է ԱՄՆ-ի խոշոր

կապալառուների կողմից [25]:

Ecotect, Energy Plus, IES և Green Building Studio հարթակները թույլ են տալիս կատարված նախագիծը թեստավորել էներգախնայողության, լույսի և ստվերի, էկոլոգիական տարրեր ազդեցությունների տեսանկյունից՝ ուղղակիորեն ՇՏՄ մոդելը ներմուծելով ծրագիր: Պետք է նշել, որ նման փաթեթներից են նաև Rhino/Grasshopper-ը, Ladybug-ը, Honeybee-ն և այդ ընտանիքին պատկանող այլ փաթեթներ, որոնք հեշտացնում են նախագծի էկոլոգիական թեստավորումը նախագծի նախնական փուլերում [26]: Որոշ դեպքերում կան մոդելավորումներ, որոնք ուղղակիորեն ներկառուցվում են բազային ծրագրակազմի մեջ: Նախագծման այսպիսի ծրագիր է, օրինակ, Autodesk VASARI-ն, որը նման է Revit Conceptual Modeling Environment-ին, որով կարելի է հաշվարկել արեգակնային լույսն ու ջերմությունը, ինչպես նաև կլիմայական առանձնահատկությունները և հետազոտությունների հիման վրա առաջարկություններ անել ջերմամեկուսացման մակարդակի վերաբերյալ: Autodesk-ն ընդլայնվելով՝ ձեռք է բերել BIM-ի հետ կապված բազմաթիվ ծրագրեր, ինչի շնորհիվ ընդլայնել է նախագծման հնարավորությունները և մոդելի վերլուծությունը: 2012թ. այն սկսել է բջջային սարքի վրա BIM-ի մոդելի զարգացման աշխատանքներ:

BIM-ի զարգացման պատմության մեջ հատուկ ներդրում է ունեցել Քարնեգի-Մելոն համալսարանի պրոֆեսոր Չարլզ Էսթմենը: Պրոֆեսորը մշակել է շինության նկարագրման համակարգ-գրադարան՝ բացկացած մի քանի հարյուր հազարավոր ճարտարապետական տարրերից, որոնք ընտրվելով՝ կարող են հավաքվել և ստեղծել շինության ամբողջական նախագիծ [27]: Այս յուրահատուկ պլատֆորմը՝ Building Description System (BDS), օգտագործում է գրաֆիկական ինտերֆեյս և տեսակավորվող տվյալների բազա: Այն օգտագործողին հնարավորություն է տալիս փնտրել և վեր հանել տեղեկատվությունն ըստ հատկանիշների (օրինակ՝ նյութի տեսակը, մատակարարը): Էսթմանը պնդում էր, որ թղթային նախագծերն անարդյունավետ են, դրանք ժամանակի ընթացքում հնանում են և չեն ներկայացնում իրական պատկերը, քանի որ վերանորոգումները հետո չեն թարմացվում: Էսթմանը հավատում էր, որ BDS-ը կնվազեցնի նախագծման ծախսերը ավելի քան 50%-ով [27]: Մակայն քիչ ճարտարապետներ են կարողացել աշխատել BDS համակարգում և հայտնի չէ, թե արդյոք որևէ խոշոր նախագիծ իրականացվել է այդ ծրագրային ապահովման միջոցով: Էսթմանի հաջորդ ծրագիրն է եղել GLIDE-ը (Graphical Language for Interactive Design):

Ծրագրային փաթեթների կիրառման մեկ այլ ոլորտ է շինությունների սպասարկման ծառայությունը, որը մինչ 2000թ. շատ քիչ էր գործածվում: Վերը նշված PTC-ի կողմից 1998թ. ստեղծվել է PLM փաթեթը (Product Lifecycle Management)՝ շինության սպասարկման և կառավարման համար, կյանքի տևողության ընթացքում: Այն ինտերնետի վրա է հիմնված: Սպասարկման փուլի COBie (Construction Operations Building information exchange) ձևաչափը պահանջում է շինության ներկառուցված համակարգերի մանրամասն նկարագրություն սպասարկման ընթացքի ինֆորմացիոն հիմքերն ապահովելու համար:

ՇՏՄ և հարակից փաթեթների կիրառումը Հայաստանի Հանրապետությունում (ՀՀ)

ՀՀ-ն ճարտարապետության և շինարարության ոլորտում գործող կազմակերպությունների մոտ արված հարցումների արդյունքում վեր են հանվել ՇՏՄ և հարակից ծրագրային փաթեթները, որոնք ըստ հարցվողների գնահատման առավել կարևորություն ունեն: Գնահատման համար օգտագործվել է հարաբերական կարևորության ինդեքսի մեթոդը (Relative Importance Index (RII)): Հարցման համար կիրառվել է գնահատման հինգ միավորով համակարգը, որտեղ 1-ը՝ նվազագույն կարևորն է, 5-ը՝ առավելագույն կարևորը և համապատասխան միջանկյալ գնահատականներով՝ նվազ կարևոր (2), միջին կարևորության (3) և կարևոր (4): Հաշվարկները իրականացվել են հետևյալ բանաձևով.

$$RII = \frac{\sum_{i=1}^k n_i x_i}{k \cdot n}$$

որտեղ $k=5$, n -ը ընդհանուր հարցվողների թիվն է, իսկ n -ն համապատասխան կարևորության x գնահատականն ընտրած հարցվողների թիվն է: Բանաձևի արդյունքներն ընկած են 0-ից 1 թվային տիրույթում, որտեղ $RII < 0,60$ ցույց է տալիս ցածր կարևորությունը, $0,60 \leq RII < 0,80$ միջակայքում ընկած թվերը՝ միջին կարևորության գնահատականն է և $RII \geq 0,80$ ՝ բարձր կարևորության: Հարցումների արդյունքներն ամփոփված են ներկայացված աղյուսակում:

Աղյուսակ

ՀՀ-ում կիրառվող ծրագրային փաթեթների հարաբերական կարևորությունը

	RII
AutoCAD	0,857
ARCHICAD	0,329
Sketchup	0,214
3ds Max	0,143
AutoCAD Civil 3D	0,143
Revit Architecture	0,143
Tekla Structures	0,143
LIRA	0,143
V-RAY	0,143
AutoCAD Map 3D	0,129
ReCap Products	0,114
AutoCAD 360	0,071
Navisworks	0,071
Revit MEP	0,071
BIM 360 Products	0,057
Energy Analysis for Autodesk Revit	0,057
Rhino	0,057
Grasshopper	0,057
Trimble SketchUp	0,043
Revit Structure	0,029

Եզրակացություն

ՇՏՄ-ի հիմնական նպատակն է՝ աջակցել ծրագրի պլանավորմանը, նախագծմանն ու սխալների հայտնաբերմանը, նախագծերի վիզուալիզացմանը, ինտեգրված իրականացմանը, ծախսերի ձևավորմանն ու տվյալների կառավարման բարելավմանը [28]: Ներկա ՇՏՄ ծրագրային միջոցները ենթադրում են ոլորտի փոխկապակցված և համատեղված գործունեություն բոլոր մասնակիցների կողմից: Ընդլայնելով մարդկային հնարավորությունները՝ տեղեկատվական տեխնոլոգիաները նորանոր հնարավորություններ կընձեռնեն ՇՏՄ զարգացման և խելացի քաղաքների կառուցման համար:

НЕКОТОРЫЕ СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ

Марине Лаврентиевна Казарян

*Национальный университет архитектуры и строительства Армении, РА, г. Ереван
mghazaryan@nuaca.am*

Информационное моделирование зданий (Building Information Modeling - BIM) как инновационное движение для архитектуры, инженерии и строительства постепенно проникает в сферу путем внесения изменений в местные и международные нормы и форматы. Цель статьи - представить этапы развития BIM с самой ранней стадии, когда были созданы первые графические программные пакеты, до самых сложных пакетов, позволяющих систематизированно реализовывать строительные проекты.

Ключевые слова: история BIM, программные пакеты BIM, BIM

SOME EPISODES OF BUILDING INFORMATION MODELING HISTORY

Marine Ghazaryan

*National University of Architecture and Construction of Armenia, RA, Yerevan
mghazaryan@nuaca.am*

Building Information Modeling (BIM) as an innovative movement for Architecture, Engineering and Construction gradually penetrates into the Industry and brings changes in local and international field regulations and work formats. The purpose of the article is to present chronologically the stages of the BIM development from the earliest phases when the first graphic packages were created, to the sophisticated BIM software packages of now days, that allow systematic implementation of construction projects.

Keywords: History of BIM, BIM software packages, BIM

Գրականություն

1. **Gray M., Grey J., Teo M., Chi S.** Building Information Modeling: An International Survey. - Bishbane, Australia, 2013. - P. 44-52.

2. **Maria Joao Silva, Salvado F., Couto P., Vale e Azevedo A.** Roadmap Proposal for Implementing Building Information Modeling (BIM) in Portugal // Open Journal, Scientific Research. – 2016. - Vol. 6, N 3. – P. 475-481.
3. **Wong A., Wong F., Nadeem A.** Comperative Roles of Major Stakeholders for the Implementation of BIM in Variouse Countries // Proceeding of Changing Roles 2009, the Netherlands Conference, The Netherlands, 5-9 October 2009. - P. 23-33.
4. **Nanajkar A., Gao Z.** BIM Implementation Practices at India's AEC Firms. - Kunming, China, 2014. – P.1-88.
5. **Hosseini R., Azari E., Tivendale L., Chileshe N.** Barriers to adoption of building information modeling (BIM) in Iran: Preliminary results. – 2015. – P.384-394.
6. National Building Information Modelling Initiative (NBI)/ BEIIC (the Built Environment Industry Innovation Council). - Australia, 2012.
7. **Penttila H., Rajala M., Freese S.** Building Information Modeling of Modern Historic Buildings. - 2007. – P.607-613
8. **Becerik-Gerber B., Rice S.** The perceived value of building information modeling in the U.S. building industry // ITcon. – 2010. – N 15. – P.185–201.
9. **Tang P., Huber D., Akinci B., Lipman R., Lytle A.** Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques // Automation in Construction. - 2010. - N 19. – P.829–843.
10. **Mill T., Alt A., Lias R.** Combined 3D building surveying techniques – terrestrial laser scanning (TLS) and total station surveying for BIM data management purposes // Journal of Civil Engineering and Management. – 2013.
11. **Akinci B., Boukamp F., Gordon C., Huber D., Lyons C., Park K.** A formalism for utilization of sensor systems and integrated project models for active construction quality control // Automation in Construction. – 2006. - N 15. – P. 124–138.
12. **Costin A., Pradhananga N., Teizer J.** Leveraging passive RFID technology for construction resource, field mobility and status monitoring in a high-rise renovation project // Automation in Construction. – 2012. - N 24. – P.1–15.
13. **Becerik-Gerber B., Jazizadeh F., Li N., Calis G.** Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management // Journal of Construction Engineering and Management. – 2012. – N 138. – P. 431–442.
14. **ISO Standard. ISO29481-1:2016.** Building Information Modeling: Information Delivery Manual-Part1. Methodology and format. – 2016.
15. **Jhone F. Jacobs.** The SAGE Air Defense System: a Personal History. - MITRE Corporation Publ., 1986. – 263 p.

16. **Mittman B.** Development of numerical control programming languages in Europe // ACM' 67, Proceedings of the 22nd national ACM conference. – 1967. – P.479-482.
17. **Douglas C. Engelbart.** Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework. – 1962. – P.395-410.
18. **Gray M., Grey J., Teo M., Chi S.** Building Information Modeling: An International Survey. - Bishbane, Australia, 2013.
19. **Eastman C., Teicholz P., Sacks R.** BIM Handbook: Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Constructors. - Wiley, 2011. - 648 p.
20. **Penttila H., Rajala M., Freese S.** Building Information Modeling of Modern Historic Buildings. – 2007. – P. 607-613.
21. AEC Magazine, Celebrating the history of BIM, (May, 2017). – URL: <https://aecmag.com/comment-mainmenu-36/59-features/1352-celebrating-the-history-of-bim>.
22. **Ranjit S. Sahai.** Teach yourself MicroStation // J. Alpha Press, 2016. - P. 10.
23. **Laiserin J.** The BIM Page, The Laiserin Letter, 2003.
24. <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>.
25. **Turk. Dan Bockstael, Mohamed H. Issa.** A Methodology for Contractor Clash Detection Using Building Information Modeling On Commercial Construction Projects. – 2016. – P. 1-17.
26. **Mostapha Sadeghipour Roudsari, Michelle Pak Adrian Smith, Ladybug.** A Parametric Environmental Plugin for Grasshopper to Help Designers Create an Environmentally-Conscious Design, 2013. – P.1-8.
27. **Dasu S., Eastman C.** (Eds.) Management of Design: Engineering and Management Perspectives. - Springer, 1994. – P. 255-262.
28. **Fernanda Leite, Akinci A.** Analysis of Modeling Effort and Impact of Different levels of Detail in Building Information Models // Automation in construction. – 2011. – Vol. 20. – P.601-609.

Աշխատանքն իրականացված է ՀՀ պետական բյուջեից գիտական և գիտատեխնիկական գործունեության բազային ֆինանսավորմամբ «ՀՀ ճարտարապետական և շինարարական համալիրների կայուն զարգացման ուղիների բացահայտում, ճշգրտում, ներդրման առաջարկությունների և հանձնարարականների մշակում՝ մշտական մոնիտորինգի կիրառմամբ» և «Գիտահետազոտական սեկտորի պահպանում և զարգացում» ծրագրերի շրջանակում:

Ղազարյան Մարինե Լավրենտիի (ՀՀ, ք.Երևան) – ՃՀՀԱՀ, Ակ. Ալ. Թամանյանի անվ. Քաղաքաշինության, ճարտարապետության և շինարարության պրոբլեմային լաբորատորիա, գ.ա., Ֆինանսատնտեսական և տեղեկատվական աշխատանքների գծով պրոռեկտոր, Բնֆորմատիկայի, հաշվողական տեխնիկայի և կառավարման համակարգերի ամբիոն, դասախոս, (+374)91405930, mghazaryan@nuaca.am

Казарян Марине Лаврентьевна (РА, г.Ереван) –НУАСА, Проблемная лаборатория Градостроительства, архитектуры и строительства им. акад. Ал. Таманяна, н.с., проректор по финансово-хозяйственной части и информационной деятельности, кафедра Информатики, вычислительной техники и систем управления, преподаватель, (+374)91405930, mghazaryan@nuaca.am

Ghazaryan Marine (Yerevan, RA) – NUACA, Problem Laboratory of Architecture and Construction after Academician Al. Tamanyan, researcher, Vice Rector of IT and Financial Affairs, Chair of Informatics, Computer Science and Management, lecturer, (+374)91405930, mghazaryan@nuaca.am

Ներկայացվել է՝ 11.05.2018թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 15.05.2018թ.