



BIM-GIS integration

Föreläsningsanteckningar

Författare/Organisationer:

Ariana Kubart (Ocellus)

Olga Bjelotomić Oršulić (UNIN)

Licens



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Version

Version 1.0

Datum: Mars 2024

Läranderesultat

I slutet av denna föreläsning förväntas eleven kunna

- Förklara varför man ska integrera BIM och GIS utifrån deras huvudkoncept
- Förstå skillnader mellan interoperabilitet och full integration
- Känna till skillnaderna mellan BIM och GIS som försvårar integrationen
- Nämna olika integrationssätt
- Känna till stegen i integrationsarbetsflödet
- Förstå vikten av datakvalitet och möjliga problem med konverteringen
- Sammanfatta vilken information som kan tillhandahållas från BIM och GIS-modell
- Beskriv de viktigaste stegen och utmaningarna med konvertering BIM-till-GIS



- Beskriv de viktigaste stegen och utmaningarna med konvertering GIS-till-BIM

Summary

Föreläsningen ger en översikt över hur BIM- och GIS-modeller kan kombineras för att förbättra informationshantering i stadsplanering och byggprojekt. Den börjar med att förklara fördelarna med att integrera BIM (Building Information Modeling) och GIS (Geographic Information Systems) och tydliggör skillnaden mellan interoperabilitet och full integration. Genom att jämföra BIM och GIS identifieras de huvudsakliga likheterna och skillnaderna, och varför dessa skillnader skapar utmaningar vid sammanslagningen av modellerna.

Föreläsningen fortsätter med att presentera arbetsflödet för integrationen. Olika tillvägagångssätt jämförs och steg för steg förklaras vilka delar av modellerna som ska integreras och hur. Här diskuteras även datakvalitet och andra problem som kan uppstå under processen. Föreläsningen beskriver hur data konverteras mellan BIM och GIS, både från BIM till GIS och vice versa, samt vilka utmaningar som är vanligast. Dessutom ges en kort översikt över de programvaror som stödjer denna konvertering.

Förväntade förkunskaper

Inga specifika förkunskaper krävs.

Förväntad arbetsbelastning

46 bilder med kursinnehåll, 5 timmar

Ansvarsfriskrivning

Finansieras av Europeiska unionen. De synpunkter och åsikter som uttrycks är endast upphovsmannens [upphovsmännens] och utgör inte Europeiska unionens eller Europeiska genomförandeorganet för utbildning och kulturs (EACEA) officiella ståndpunkt. Varken Europeiska unionen eller EACEA tar något ansvar för dessa.

Innehåll

Inledning	5
Varför använda BIM?	6
Varför använda 3D GIS / stadsmodeller?	7
Varför integrera BIM-GIS?	8
Driftskompatibilitet mellan BIM och GIS	9
BIM-GIS-integrering	10
Olika omfattning och omfattning av BIM och GIS	11
Olika format – IFC och CityGML	12
Datalagring – filsystem jämfört med databas.....	13
Frekvens av uppdateringar	14
Georeferering i BIM och GIS.....	15
Detaljnivå i BIM och GIS	16
Integrationsstrategier – omvandling och fullständig integration	17
Modelldelar som ska integreras	18
1. Ursprungliga data.....	19
2. Datas kvalitet	20
3. Konvertering av data.....	21
Fel orsakade av konverteringen	22
4. Validering och dokumentation	23
Korrekt integration.....	24
Vilken information från vilken modell	25
De senaste versionerna av CityGML- och IFC-standarderna	27
Konvertering från IFC till CityGML.....	28
Semantisk kartläggning.....	30
Geometriomvandling	32
Förenkling	33
Konvertering från GIS till BIM.....	34
Semantisk kartläggning.....	36
Geometriomvandling	37

Programvara för integration	38
Integrationsstrategier – Leverantörssystem.....	39
BIM-GIS rollen i projektets livscykel	40
BIM-GIS i planering och design.....	41
BIM-GIS i byggbranschen	42
BIM-GIS inom Facility Management.....	43
BIM-GIS i nedmontering.....	44
BIM-GIS och digitala tvillingar (DT)	45
BIM-GIS, DT och Smart Cities	46
BIM-GIS och livscykelanalys	47
BIM-GIS och miljökonsekvensbeskrivning.....	48
BIM-GIS och mikroklimatiska simuleringar	49
BIM-GIS och grön stadsplanering	50
Lagstiftning för BIM GIS-integration	51

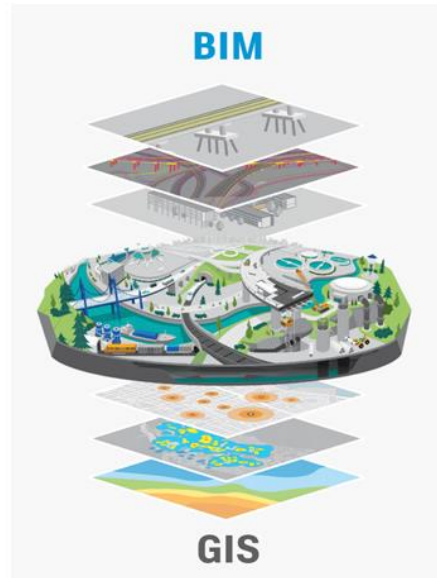


Översikt av kursen

Både BIM och GIS tillhandahåller 3D-data

- Hur enkelt eller komplicerat är det att använda BIM och GIS data tillsammans?
- Vilka är fördelarna och utmaningarna?
- Hur går processen till?

[BIM-AND-GIS.png \(1233 x 919\)](#)
([constructionplacements.com](#))



Inledning

Både BIM- och 3D GIS-stadsmodeller innehåller 3D-data om byggnader och andra tillgångar. Därför borde det vara möjligt att använda dem tillsammans, eller hur?

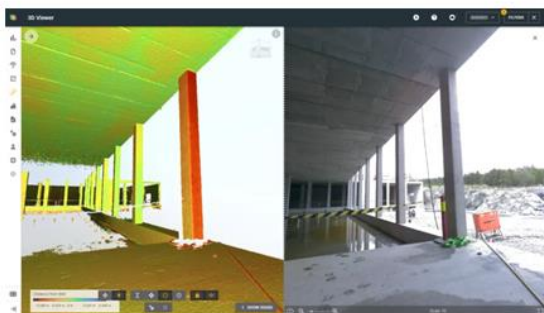
Men är det så lätt att göra så? Hur går det till?

Och vad är vinsterna och förlusterna om man gör det? Vad är det bästa sättet att integrera dem här två tekniker?

Dessa frågor kommer vi att svara på i denna kurs.

Varför använda BIM?

- Byggnadsinformationsmodellering
- Detaljerade digitala 3D-modeller av nydesignade byggnader
- Process för hela livscykeln



<https://bimcorner.com/augmented-reality-in-aec-industry/>

WHAT IS BIM?



Varför använda BIM?

Arkitekter och byggnadsingenjörer skapar idag detaljerade digitala modeller av varje planerad byggnad, när de utvecklar ett projekt. Processen för att skapa och använda denna digitala modell kallas byggnadsinformationsmodellering, förkortad som BIM. För att möjliggöra konstruktionen är modellen mycket detaljerad, den visar och beskriver varje byggnadselement.

Naturligtvis är "byggnaden" inte nödvändigtvis ett hus, det kan till och med vara en anläggning, t.ex. en fabrik, ett reningsverk eller ett kraftverk, eller en infrastruktur.

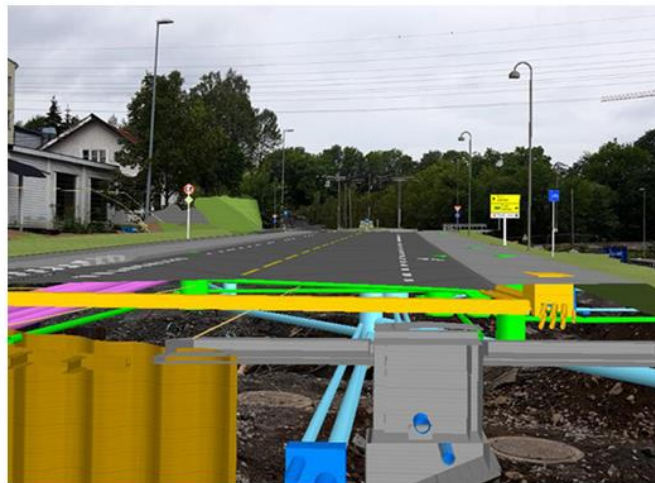
För att lära dig mer om BIM rekommenderar vi våra föreläsningar om Introduktion till BIM.

Bra information finns också på <https://bimcorner.com/>.



Varför integrera BIM och GIS?

- GIS informerar BIM, dvs. GIS ger sammanhanget till de detaljerade BIM-modellerna, såsom omgivning, miljö, befolkning
- Omgivande miljön påverkar byggnaderna och vice versa
- Nya insikter som skulle förbli dolda utan integrationen



<https://bimcorner.com/smarter-faster-better-7-ai-tools-that-impact-the-aec/>

Varför integrera BIM-GIS?

Så varför ska vi integrera dessa två typer av 3D-modeller tillsammans?

Som vi just har hört visar 3D GIS vanligtvis hela bebyggda områden medan BIM ger detaljerad information om den planerade utvecklingen. GIS representerar de rumsliga relationerna mellan byggnader och deras miljö, men saknar den detaljrika semantiska informationen jämfört med BIM.

På så sätt ger storskaliga GIS rumsliga sammanhang till den detaljerade BIM-modellen. Det sägs ofta att "GIS informerar BIM". Det är bara logiskt att integrera dem, eftersom omgivningen påverkar byggnaderna och omvänt kommer de nya byggnaderna att påverka deras omgivning.

Genom att sätta en BIM-modell till en stadsmodell kan intressenter se hur byggprojektet passar in i omgivningen eller visualisera och jämföra olika scenarier. GIS är utformat för olika rumsliga analyser, vilket naturligtvis är möjligt även med den integrerade BIM-modellen. Sådana analyser är vanligtvis inte möjliga i BIM-programvara. I den integrerade modellen kan man ställa frågor som: Kommer den nya byggnaden att kasta en skugga över en närliggande skolgård? Hur mycket solenergi kan produceras i den nya byggnaden? Kommer den underjordiska parkeringen att översvämmas efter ett kraftigt regn?

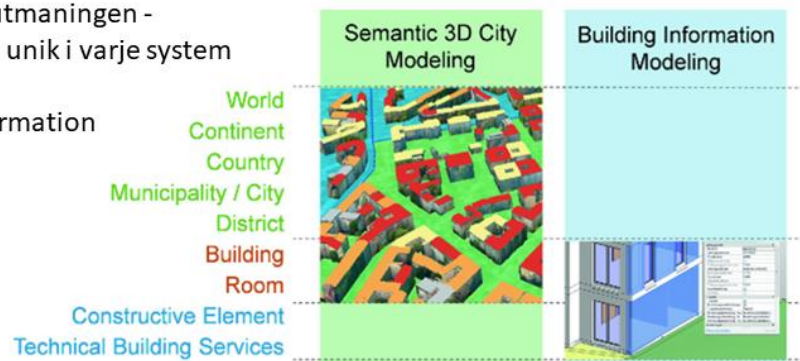
I kontentan, BIM är främst ett verktyg för att skapa information, och GIS ett verktyg för att analysera och hantera information. Integrerade BIM-GIS modeller har fördelar av båda tekniker. Vi kommer att titta närmare på olika tillämpningar senare i kursen.



Interoperabilitet mellan BIM och GIS

- BIM- och GIS-data är inte helt kompatibla
- Semantik är den största utmaningen - semantisk information är unik i varje system
- Vissa delar av denna information kan översättas, vissa inte

Förhållande mellan semantisk 3D-stadsmodellering och BIM-modellering med avseende på omfattning och skala. Från Kolbe och Donaubauer (2021) [Semantic 3D City Modeling and BIM | SpringerLink](#)



- Interoperabilitet är förmågan att utbyta och använda information mellan olika programvaror.

Driftskompatibilitet mellan BIM och GIS

Varför har integrationen av BIM och GIS inte genomförts tidigare?

Det huvudsakliga svaret är att BIM- och GIS-data inte är helt kompatibla. Utöver detta finns det ett behov av större medvetenhet om de potentiella fördelarna med att integrera dessa två system, för att övergå organisatoriska hinder.

Båda datamodellerna är mycket komplexa. Även om det finns många likheter mellan dem uttrycks deras komplexitet på olika sätt. Det är därför som det fortfarande finns stora problem som utmanar deras interoperabilitet och sedan den fullständiga integrationen.

Vi kan definiera interoperabilitet som förmågan att utbyta och använda information mellan olika programvaror. Det är möjligt att urskilja tre lager av interoperabilitet, sammankopplade och byggda på varandra.

Grundskiktet hanterar tekniska frågor som mjukvara och hårdvara, och är inte längre ett problem vid BIM- och GIS-integration. På samma sätt löses det andra lagret, datasyntaxen, dvs. olika kodningar.

Det tredje skiktet – semantik – är den största utmaningen för interoperabiliteten. Semantiken anger vad objekten är och var de är, det vill säga betydelsen av de meddelanden som ska utbytas. Denna semantiska information är unik i varje system, det vill säga i BIM jämfört med GIS. Vissa delar av denna information kan översättas, andra inte.



BIM-GIS-integrering

- Integration är nästa nivå över interoperabilitet
- Definieras som "Progressiv kombination av systemkomponenter till ett övergripande system" = inte bara förmågan att använda information i olika program
- Målet att samla BIM- och GIS-data i en enda enhetlig databas och dela information i den



BIM-modell som används i en stadsmodell. Esri's träningsdata, skärmdump från ArcGIS Pro.

BIM-GIS-integrering

Vad är skillnaden mellan interoperabilitet och integration?

Vi kan se integrationen som nästa nivå ovanför interoperabiliteten. Integrering definieras som "progressiv kombination av system-/programvarukomponenter i ett övergripande system". Således inte bara möjligheten att använda information i olika program, som interoperabilitet handlar om, som vi diskuterade ovan.

Fulständig integration innebär att aggregera både BIM- och GIS-data till en enda enhetlig modell eller databas. Detta skulle göra det möjligt för BIM- och GIS-verktyg att dela information genom att skicka och hämta data till och från den enhetliga databasen.

Vi ska nu titta på orsakerna som utmanar direktöversättning mellan BIM och GIS.

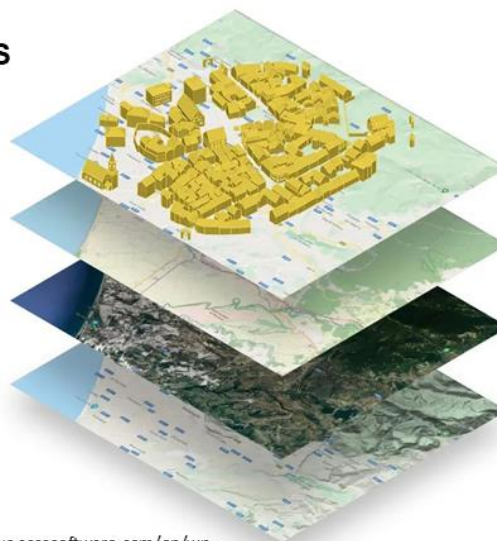
Olika omfattning och skala av BIM och GIS

BIM

- Oftast nya byggnader
- AEC-industrin
- Särskilda enskilda byggnader
- Tusentals attribut / egenskaper

GIS

- Stora bebyggda områden
- Ofta inom den offentliga sektorn
- Många byggnader med färre attribut
- Omgivning av byggnader



<https://biblus.accasoftware.com/en/wp-content/uploads/sites/2/2022/10/usBIM-GIS.jpg>

Olika omfattning och omfattning av BIM och GIS

BIM-modellen är typisk att skapa för nyplanerade projekt. Det står i kontrast till stadsmodeller, som visar redan byggda områden, ofta hela städer.

Det är också anledningen till att BIM-modellproducent och ägare kommer från AEC (från engelska Architecture, Engineering and Construction) industrin, medan stadsmodellerna skaffas vanligtvis av kommuner eller andra intressenter från den offentliga sektorn.

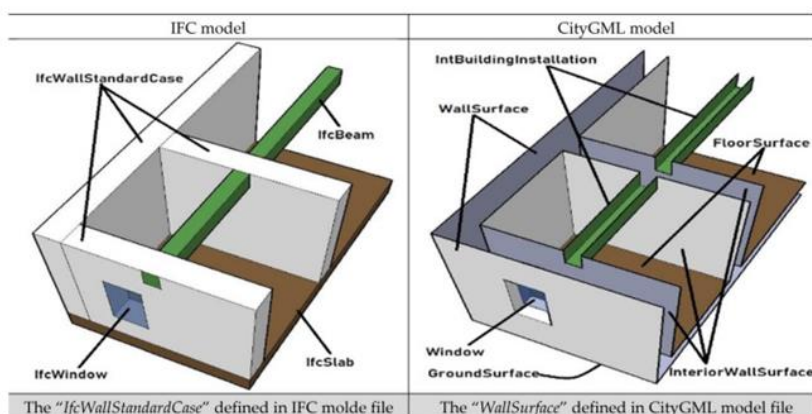
Eftersom BIM fokuserar på enskilda objekt/specifika byggnader är modellen mycket detaljerad. Byggnader i modellen är konstruerade av komponenter som väggar, plattor, trappor, rör, kablar eller till och med elkontakter och så vidare. Dessa komponenter omfattar även beskrivande information, t.ex. om material, dimensioner, tillverkning eller kostnader.

Stadsmodellerna kan inte vara lika detaljerade som BIM-modellerna av två skäl. För det första är deras omfattning ett stort antal objekt / byggnader och att ge stor mängd detaljer skulle vara för överväldigande, och till och med onödigt. För det andra är den detaljerade informationen helt enkelt inte tillgänglig, som en följd av olika processer när man skapar stadsmodellerna.

Men å andra sidan ger stadsmodeller ytterligare tematiska data som transport, vegetation och vattenförekomster, förutom den byggda miljön.

Olika format - IFC och CityGML

- Semantisk modellering i båda fall
- IFC mer semantiskt rik (=mer info)
- Begränsa IFC-komplexiteten före konverteringen



Exempel på skillnader mellan IFC- och CityGML-modellen. Från: Ding et al (2017)

Olika format – IFC och CityGML

Både BIM och 3D GIS handlar om semantisk modellering av den byggda miljön. Båda metoderna har också sitt öppna internationella standardformat, dvs. IFC och CityGML (kodad oftast som CityJSON, men vi använder standardnamnet CityGML i texten; dessa format beskrevs i detalj i BIM-introduktion och 3D GIS-kurserna).

CityGML definierar 13 teman som kan representera geometri, topologi, semantisk information, utseende och andra attribut för alla relevanta enheter i 3D-stadsmodellen. Många stora städer i Europa tillhandahåller CityGML-modeller.

Eftersom BIM-modeller måste ge mycket mer detaljerad information om objekt som ska byggas, är IFC mer semantiskt rik jämfört med CityGML. Denna höga semantiska komplexitet hos IFC beror på ett större antal attribut samt på ett stort antal relationer som är associerade med objekten och attributen.

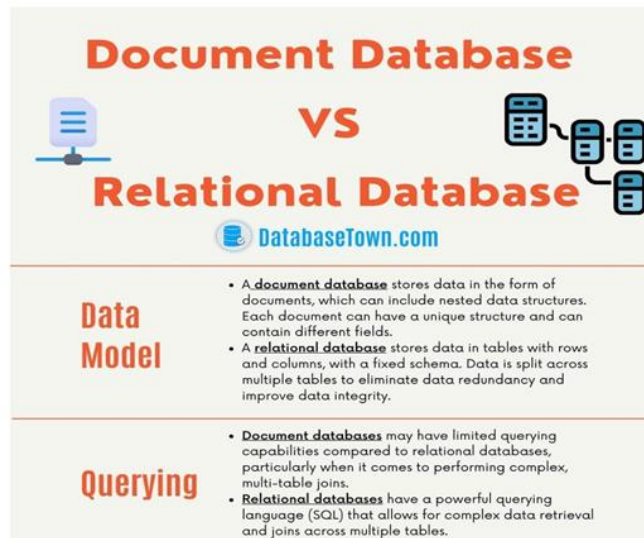
Den höga detaljnivån i IFC ger den mest trogna representationen av byggtillgången, men kan hindra BIM-GIS-interoperabilitet, eftersom det utmanar konverteringen. Det kan därför vara fördelaktigt att begränsa IFC-komplexiteten genom att endast välja de data som behövs i den integrerade modellen.

IFC och CityGML skiljer sig mycket åt i hur de kodar modellkomponenter. Därför är det första steget i omvandlingen att definiera dessa komponenter: semantik, geometri, topologi och georeferering. Vi kommer att prata mer om det senare i föreläsningen.



Lagring av uppgifter – Filsystem och databas

- BIM och GIS använder olika system för datalagring
- BIM använder ett filsystem, organiserat och tillgängligt i Common Data Environment
- GIS-data lagras i relationsdatabaser, sökbar med SQL



<https://databasetown.com/wp-content/uploads/2023/01/Document-Database-VS-Relational-Database-Copy-2-min.jpg>

Datalagring – filsystem jämfört med databas

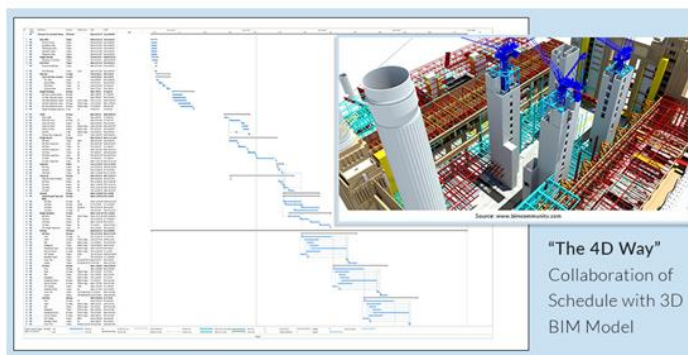
BIM och GIS använder olika system för datalagring.

BIM använder ett filsystem, där hela projektdata lagras som enskilda filer. Dessa filer är organiserade och tillgängliga i BIM Common Data Environment, CDE.

Däremot lagras GIS-data i relationsdatabaser. De kan nås och sökas av SQL i ett databashanteringssystem.

Det är möjligt att skapa en relationsdatabasstruktur som motsvarar IFC-modellen, men proceduren är inte optimal och är ganska komplex.

Frekvens av uppdateringar



Den-4D-Way-Collaboration-of-Schedule-med-3D-BIM-Model-Blog-by-United-BIM_.jpg

- BIM – frekventa uppdateringar, särskilt under byggtiden
- 3D City-modeller – inget behov av frekventa ändringar
- BIM-GIS integrerade modeller behöver uppdateras lika ofta som BIM själv
- Sömlös kompatibilitet avgörande

Frekvens av uppdateringar

Eftersom BIM fokuserar på design och konstruktion uppdateras IFC-filer vanligtvis på kort sikt så att alla intressenter får aktuell information. Här talar vi om veckor, maximalt, i de mest intensiva faserna av byggnadens livscykel.

Med den inbyggda IFC-modellen för fastighetsförvaltning kommer uppdateringsfrekvensen att minska, vilket vi kommer att diskutera senare i kursen.

Stadsmodeller kan täcka hela städer utan ständiga förändringar och det finns vanligtvis inget behov av kontinuerliga uppdateringar. Dessutom är sådana frekventa uppdateringar inte realistiska.

Detta är en av frågorna för den fullständiga BIM-GIS-integrationen. Om de integrerade modellerna skulle uppdateras och synkroniseras mycket ofta, skulle det behöva gå automatiskt. Sömlös kompatibilitet mellan systemen skulle vara avgörande för detta, vilket ännu inte är fallet.



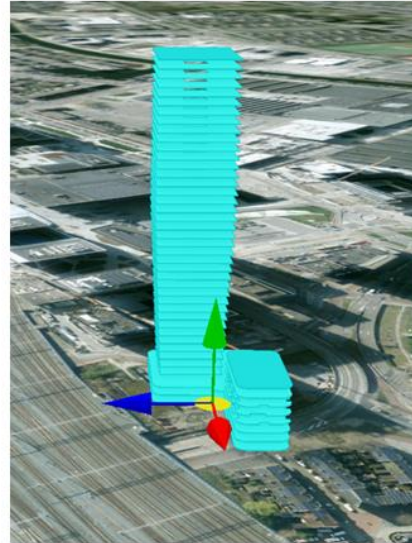
Georeferering – totalt och lokalt

BIM

- eget lokalt referenssystem som standard
- ansluten till byggarbetsplatsen

GIS

- alltid absolut georefererat = verkligt koordinatsystem
- nödvändigt för att kontrollera om IFC är georefererat; om inte, georeferera .ifc-filen eller inkludera georeferering i integrationen



Lägga till BIM-modell i GIS, Esris träningsdata, skärmdump

12

Georeferering i BIM och GIS

BIM-modellerna har ett eget lokalt referenssystem som är anslutet till byggarbetsplatsen och reflekterar positionen till andra objekt där. Detta anpassade system är dock inte alltid anslutet till något verkligt koordinatsystem.

Detta blir problem om vi vill placera BIM-modellen i GIS som representerar den verkliga världen. För att göra det måste BIM-modellen vara korrekt placerad, med varje 3D-punkt absolut georefererad i ett koordinatsystem. Som stadsmodellerna redan är, faktiskt.

IFC stöder georefereringsmetoder, men inte alla projekt använder dem. Det är nödvändigt att kontrollera det före integrationen. Om BIM-modellen endast definieras i det egna systemet är det möjligt att georeferera den direkt i BIM-programvaran eller under själva integrationen. Det är också viktigt att kontrollera att georefereringen görs korrekt.

IFC har klasser som kan beskriva den information som krävs för georeferering. IFCSite kan ha information om en geografisk referenspunkt för projektplatsen i WGS84 med longitud, latitud och höjd. Om dessa värden anges, ger det den absoluta placeringen i förhållande till den verkliga världen.

Den geografiska referenspunkten skulle vara platsen för punkten 0.,0.,0. i IFCSites lokala referenssystem.

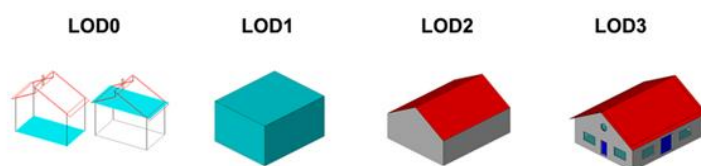
LOD, detaljnivå

BIM

- även kallad "utvecklingsnivå"
- Informationsmängd i olika faser av livscykeln

GIS

- Generalisering av modellen
- Olika LOD i samma modell



Uppåt: LOD i BIM. Från: <https://www.tejy.com/wp-content/uploads/2021/11/Level-of-Development-LOD-Tejy-Inc-1-1024x627.jpg> (<https://www.tejy.com/wp-content/uploads/2021/11/Level-of-Development-LOD-Tejy-Inc-1-1024x627.jpg>)

Vänster: LOD i GIS. Från: <https://www.gim-international.com/content/news/citygml-3-0-conceptual-model-approved-as-official-ogc-standard>

Detaljnivå i BIM och GIS

Begreppet "LOD, Level of Detail" används både i BIM och i GIS. Men deras betydelse skiljer sig åt mellan dem.

Inom ramen för BIM benämns LOD numera snarare som utvecklingsnivå, även om båda namnen fortfarande används. I vilket fall som helst fokuserar den på informationsnivåer i olika faser av utformningen och överlämnandet. LOD omfattar inte bara geometri, men också hur detaljerad är beskrivning av egenskaper för var och en av konstruktionselementen. LOD-nivåerna ökar vanligtvis under BIM-processen (se även BIM Introduktionskurs):

LOD 100 - Konceptdesign
LOD 200 - Schematisk design
LOD 300 - Detaljerad design
LOD 400 – Konstruktion, tillverkning & Montering
LOD 500 - som byggd

På samma sätt definierar LOD i CityGML både geometri och semantik. I motsats till BIM kan varje objekt ha olika rumsliga representationer samtidigt och man kan växla mellan dem. Det finns fyra fördefinierade detaljnivåer (LOD 0-3). Dessa bestämningsgränser är följande:

LOD0 – Mycket generaliserad modell
LOD1 – Blockmodell/extruderingsobjekt
LOD2 – Realistisk, men ändå generaliserad modell
LOD3 – Mycket detaljerad modell

Till exempel kan en byggnad också abstraheras av ett fotavtryck eller taktryck (LOD0), av en 3D solid med platt tak (LOD1) upp till detaljerad visualisering i LOD3.

Naturligtvis representerar högre LOD-nivå objekt med större noggrannhet, men det kräver också mer data och beräkningsresurser. Det innebär att ju mer detaljerad modellen är, desto längre tid behövs för att visualisera den. Med andra ord är för detaljerad modell inte alltid en fördel, beroende på applikationen.

Integrationsstrategier: Datakonvertering och fullständig integration

Datakonvertering

- Det enklaste tillvägagångssättet
- Både geometriska och semantiska data

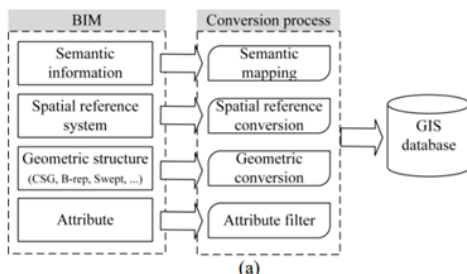
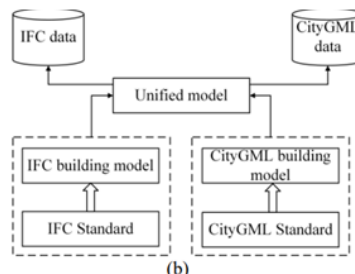


FIGURE 1. The integration process between BIM and GIS, (a) the simplified conversion process from BIM to GIS, (b) the bidirectional transformation between IFC and CityGML.

Integrering

- Användning av både BIM- och GIS-data i en enda enhetlig modell



Från: Ding et al (2017)
Integrering av IFC och
CityGML-modell på
schemanivå genom att
använda språkliga och
textbrytningstekniker

Integrationsstrategier – omvandling och fullständig integration

Vi kan känna igen flera nivåer av BIM-GIS-integration. Dessa går från enkel datakonvertering till fullständig integration i en enda modell. Låt oss titta närmare på dem.

Den enklaste metoden är datakonvertering från IFC till CityJSON eller vice versa. Den konverterade filen laddas sedan upp och används i en befintlig BIM- eller GIS-modell. Både geometri och semantik kan överföras på detta sätt.

Nästa nivå av integration är att aggregera både BIM- och GIS-data till en enda enhetlig modell i en gemensam databas. Denna modell gör det sedan möjligt för BIM- och GIS-verktyg att dela information genom att skicka och hämta data till och från databasen. Detta är teoretiskt lättare att nå i GIS-verktyg, eftersom BIM-applikationer vanligtvis inte har avancerade mekanismer för att arbeta med data som lagras i databasformat.



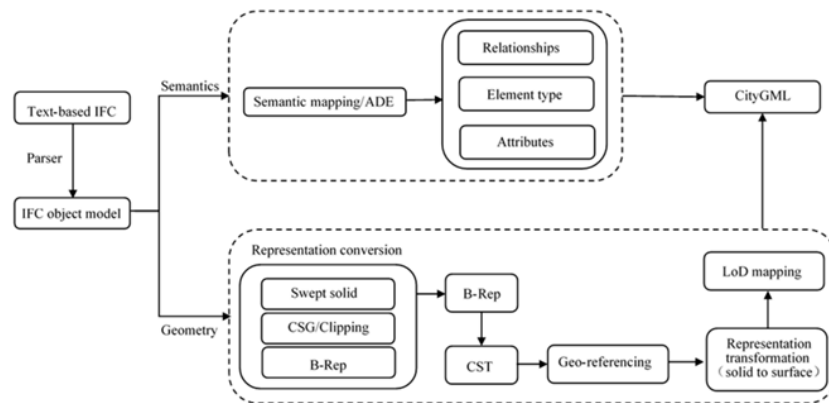
Ett alternativ till det är att länka till fullständiga original BIM-filer från ett GIS-gränssnitt eller Business-Intelligence-verktyg, tillgängligt via webben.

Modelldelar som ska integreras

Både IFC och CityGML
kan delas in i fem
jämförbara
underavdelningar:

- Semantik
- Geometri
- Geografiska koordinater
- Topologi
- Kodning

Semantisk information
mest utmanande att
konverteras på rätt sätt



Delar som ska konverteras i IFC-till-CityGML-konvertering. Från: CityGML in the Integration of BIM and the GIS: Challenges and Opportunities

Modelldelar som ska integreras

Oavsett vilket tillvägagångssätt som används är det viktigt att förstå hur integrationen fungerar och vad man ska vara medveten om när man integrerar BIM- och GIS-data.

De två standarderna, IFC och CityGML, kan delas in i fem jämförbara underavdelningar. Semantik, geometri, geografiska koordinater, topologi och kodning.

Naturligtvis är det möjligt att konvertera t.ex. endast geometrin, vanligtvis även utseendet. Det möjliggör visualisering av modellen i det andra systemet och det kan räcka för ändamålet. Den semantiska delen kan dock tillföra viktig information och möjliggöra många analyser och bör ofta beaktas i samband med integrationen.

Och det är den semantiska informationen som är den mest utmanande att konverteras ordentligt, med tanke på skillnaderna mellan IFC och CityGML.

Ursprungliga data

- BIM-modeller är komplexa med tusentals detaljer
- Allt kan/bör inte konverteras till CityGML
- Från CityGML till IFC blir det en enkel modell (jämfört med original BIM)



Tvårvetenskaplig BIM-modell. Källa tecla.com genom [Guide to Building Information Modeling \(BIM\) | Scan2CAD](#)

1. Ursprungliga data

BIM-modeller tenderar att vara stora och komplexa, särskilt för storskaliga anläggnings- eller infrastrukturprojekt. Rymdanvändningen av en enda BIM-modell är ofta inte mycket mindre än en hel 3D-stadsmodell. Bearbetning av sådana massiva dataset inom GIS-miljöer kan anstränga resurser och sakta ner arbetsflöden.

Därför bör inte allt från IFC översättas till 3D GIS, och det är inte heller nödvändigt. Lösningen på det är att hålla information som verkligen behövs, och kassera all annan information, när du konverterar till CityJSON.

Sådan borttagning av detaljer resulterar på lämplig abstraktions-/generaliseringsnivå, när 3D GIS fortfarande ger detaljerad geometrisk och semantisk information om objekten.

Det är definitivt fördelaktigt att väl förstå omfattningen av arbetet. Det gör det möjligt att välja de relevanta delarna av modellen och en optimal nivå av detaljer som ska konverteras. Det hjälper till att hålla den integrerade modellen av rimlig storlek samt för att förhindra långa nedladdningar och programvara släpar.

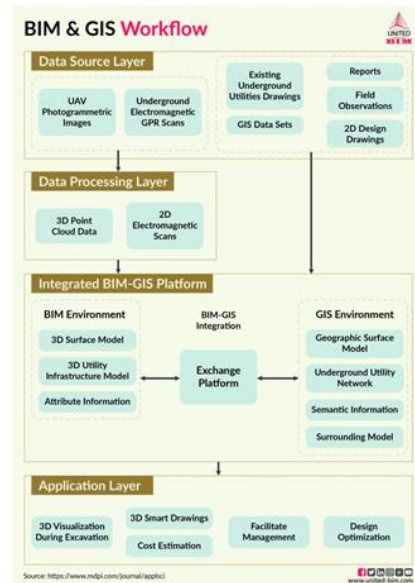
Så det första steget i integrationen är att fastställa de specifika uppgiftskraven – vad behöver vi integrera?



Datakvalitet

Avgörande för tillförlitlig integration:

- Samstämmighet mellan uppgifter
- Noggrannhet
- Saknade värden
- Omfattande metadata
- Georeferenser
- Koordinatsystem
- Måttenheter



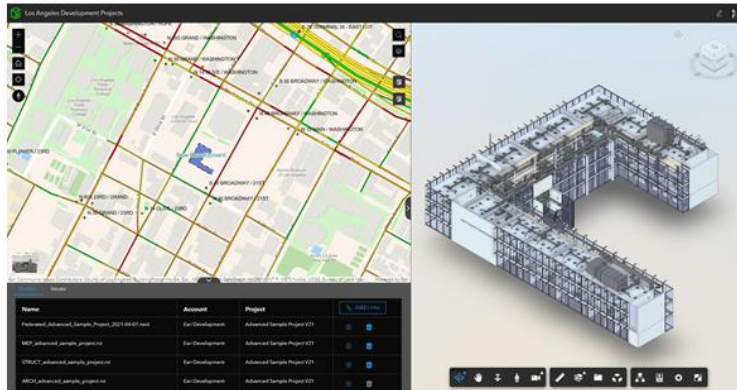
2. Datas kvalitet

Datakvalitet är avgörande för en tillförlitlig integration. Den vanliga regeln är att utdatasetet bara kan vara lika bra som indatasetet.

Så det andra steget är att kontrollera datakonsistens. Är uppgifterna korrekta, utan att för många värden saknas? Innehåller uppgifterna omfattande metadata?

För att anpassa BIM- och GIS-datauppsättningarna korrekt, kontrollera även georefereringen. Är BIM-modellen korrekt georefererad? Är koordinatsystemen kompatibla eller behövs koordinatomvandling? Hur är det med måttenheter?

Datakonvertering



<https://www.techzine.nl/wp-content/uploads/2021/12/BIM-and-GIS-cloud-collaboration.png>

- från GIS till BIM
- från BIM till GIS
- från BIM och GIS till ett tredje system

Schema- och attributmappning:

- hur bra objekt och deras attribut i BIM-dataset motsvarar dem i GIS-dataset
- data med liknande betydelser är korrekt justerade

3. Konvertering av data

Det tredje steget är extraktion och konvertering av data från deras ursprungliga format till format som är lämpliga för integration. dvs. Industry Foundation Classes (IFC) för BIM och GeoJSON för GIS.

Sedan finns det tre mönster för datakonvertering, dvs. från GIS till BIM, från BIM till GIS och från BIM och GIS till ett tredje system.

Det här steget innehåller schema- och attributmappningar. Den definierar hur objekten och deras attribut i BIM-datauppsättningen motsvarar dem i GIS-datauppsättningen, så att datafält med liknande betydelser justeras korrekt. Till exempel att IfcBuilding mappas som GML Building, IfcSpace som Building Room och att IfcRoof motsvarar Takyta i GML. Vi återkommer till detta i nästa föreläsning L1.3.

Fel orsakade av konverteringen

- förlust av information
- förlust av relationer
- felaktig konvertering
- schemafel

Ju högre detaljnivå, desto fler fel i det konverterade datasetet

Tvärbinding och frekventa automatiska uppdateringar = multiplicering av fel

Ett exempel på sann matchning mellan IFC och CityGML. Från: Ding et al (2017) Integrating IFC and CityGML Model at Schema Level by Using Linguistic and Text Mining Techniques

IFC model	CityGML model
<p>The "IfcWallStandardCase" defined in IFC model file</p> <pre>#1930=IFCWALLSTANDARDCASE(2TChZebQlwS #33, Basic Wall:Exterior - Block on Mtl. Stud:128093,\$ Basic Wall:Exterior - Block on Mtl. Stud:54538, #1917,#1929,'128093'; #33=IFCOWNERHISTORY(#32,#2,\$,NOCHANGE, \$, \$,0); #32=IFCPERSONANDORGANIZATION(#30,#31,\$); #30=IFCPERSON(\$,\$,lyh,\$,\$,\$,\$,\$); #31=IFCORGANIZATION(\$,\$,\$,\$); #2=IFCAPPLICATION(#1,'2012','Autodesk Revit Architecture 2012','Revit'); #1=IFCORGANIZATION(\$,'Autodesk Revit Architecture 2012',\$,\$,\$); #1917=IFCLOCALPLACEMENT(#38,#1916); #1929=IFCPRODUCTDEFINITIONSHAPE(\$,\$, (#1920,#1928));</pre>	<p>The "WallSurface" defined in CityGML model file</p> <pre><bldg:boundedBy> <bldg:WallSurface gml:id="2TC9qPqY9bQldR"> <bldg:lod4MultiSurface> <gml:MultiSurface> <gml:surfaceMember> <gml:Polygon> <gml:exterior> <gml:LinearRing> <gml:posList srsDimension="3"> 1.2706554713458518E7 2554433.9815080473 0.0 ... </gml:posList> </gml:LinearRing> </gml:exterior> </gml:Polygon> </gml:surfaceMember> ... </bldg:WallSurface> </bldg:boundedBy></pre>

Fel orsakade av konverteringen

Eftersom 3D-dataseten är enorma och komplexa är det svårt att undvika alla fel när man arbetar med dem.

Även om du kontrollerar datakvaliteten först kommer indata aldrig att vara perfekt, så vissa fel härrör redan vid inmatningen. Andra blir det under konverteringen. När semantiska, geometriska och schematiska delar av data konverteras, uppstår alltså semantiska, geometriska och schematiska fel efter konverteringen. Dessa inkluderar vanliga översättningsfel som förlust av information, förlust eller relationer, felaktig konvertering eller schemafel.

Om de ursprungliga uppgifterna inte var korrekt georefererade kan man förvänta sig även topologiska fel, såsom ogiltiga 3D-geometrier, överlappande eller inkonsekventa utrymmen.

Det finns två viktiga saker att inse också.

För det första tenderar datauppsättningar som modelleras på en högre detaljnivå att ha fler fel. Eftersom BIM vanligtvis ger mycket detaljerade dataset, skulle IFC-baserade 3D GIS-modeller naturligtvis vara benägna att få fler fel jämfört med de ursprungliga CityGML-modellerna.

Korskoppling av olika projektkomponenter och deras frekventa automatiska uppdateringar, t.ex. i CDE, SDI eller i digital tvilling, kan leda till att fel multipliceras över tiden.

Detta är en stor utmaning, eftersom säker drift kräver felfri funktionalitet.



Validering och dokumentation



<https://www.esri.com/en-us/industries/blog/articles/getting-real-with-bim-and-gis-integration/>

- Validering av den integrerade datasetet
- Fastställda förfaranden för uppdatering av integrerade data
- Alla datakällor och integrationssteg bör dokumenteras ordentligt

4. Validering och dokumentation

Ett sätt att hantera detta problem är att utföra noggrann validering av det integrerade datasetet, som det fjärde steget i arbetsflödet.

I CityGML 3.0 definieras alla geometriska representationer endast i Core-modulen. Det förenklar valideringen, eftersom de flesta kontroller kan utföras på CityGML Core-modulen och sedan automatiskt tillämpas på alla tematiska moduler.

Utöver valideringen bör det fastställas förfaranden för uppdatering av den integrerade datauppsättningen i takt med att nya data blir tillgängliga eller ändringar görs i de ursprungliga datauppsättningarna, för att hålla informationen uppdaterad.

Alla datakällor och integrationssteg bör dokumenteras ordentligt för nya användare och för projektens transparens.

Framgångsrik integration

Målet är:

- Smidigt informationsutbyte mellan BIM och GIS
- Begränsat komplexitet till önskad nivå
- Nya insikter omöjliga utan integration



Esrís träningsdata, skärmdump.

Korrekt integration

Korrekt integration bör leda till ett holistiskt systemtänkande i alla skeden av livscykeln.

Det bör också begränsa modellernas komplexitet till en önskad nivå, där all viktig information är lättillgänglig. Det bör finnas tydligt definierade mål med integrationen, dvs. att inte bara göra det för att det är möjligt.

Den största fördelen med integrationen är att den genererar ny information och intressenterna kan svara på frågor som annars skulle vara omöjliga om det enda systemet skulle användas.

Integrationen ger dock många andra fördelar, till exempel:

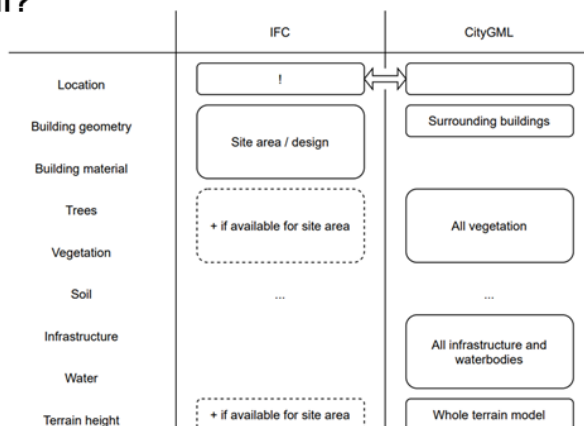
Utbyte av relevant och aktuell tillförlitlig information och förståelse av projekt i sitt sammanhang, inbegripet användning av interaktiva kartor som delas via webben.

- förbättrar arbetsflöden bland många intressenter som vanligtvis deltar i alla projekt och på lång sikt

- förbättrar kommunikationen/förståelsen i hela samhällsplaneringsprocessen, t.ex. vid jämförelse av olika framtidsscenarier

Vilken information från vilken modell?

- Omvandlingsriktningen beror på applikationen
- GIS ger rumslig kontext, omgivning, miljö
- BIM beskriver nya anläggningar, begränsat till projektplatsen
- Väldefinierade integrationsmål behövs



Information från olika modeller

Vilken information från vilken modell

Om man ska konvertera från BIM till GIS eller vice versa beror det på den slutliga applikationen och på användaren. Om du t.ex. är arkitekt behöver du förmodligen importera GIS-data till BIM-modellen. Om du är stadsplanerare behöver du förmodligen ta med nyplanerad byggnad till den befintliga stadsmodellen, det vill säga BIM-to-GIS.

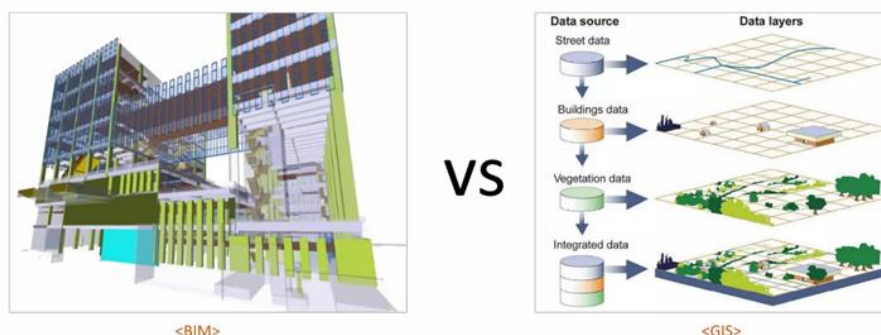
I allmänhet ger GIS ytterligare rumsliga sammanhang till BIM-modeller, som främst syftar till design av nya byggnader eller anläggningar och begränsas till projektplatsen. Viss information om terräng och vegetation finns även i BIM-modellen, om den tillhandahålls i IFC-filen. I vilket fall som helst kommer byggnaden och dess material vanligtvis att extraheras från IFC-filen.

GIS kan dock lägga till många ytterligare data och för större område. Det kan vara data om terräng, markanvändning eller infrastrukturnät och omgivande byggnader. Detta kan förbättra analyser i större rumslig skala, t.ex. med anknytning till logistik eller miljöpåverkan. Dessutom tillåter CityGML att modellera generiska objekt, vilket inte är så lätt i IFC (dvs. funktioner som inte uttryckligen representeras i CityGML konceptuell modell och som kan definieras av användaren).

Vi bör notera att BIM-till GIS innebär omvandling från mer detaljerad modell till mindre detaljerad, vilket nödvändigtvis medför viss förenkling. GIS-to-BIM, dvs. mindre till mer detaljerad modell, begränsas av att den information som efterfrågas i IFC inte finns tillgänglig.

I denna föreläsning kommer vi att titta närmare på hur översättningen mellan IFC och CityGML fungerar.

Integrering av BIM-GIS – särskilda egenskaper – EXEMPEL



Bildkälla: Shanghee Shin, webbadress: <https://www.slideshare.net/endofcap/integration-of-bim-and-gis-from-ideal-to-reality>

Vi kan till och med titta på ett visuellt exempel som visar en BIM-modell på vänster sida och en GIS-modell på höger sida.

Vi ser återigen att BIM-modellen existerar före den slutliga enheten. Det är tänkt konstruktion med fokus på strukturer, komponenter eller material i den planerade byggnaden och i ett begränsat område. GIS till höger representerar befintliga (vanligtvis utomhus) strukturer i omgivningen, såsom vegetationsdata, angränsande byggnadsdata, gator etc.



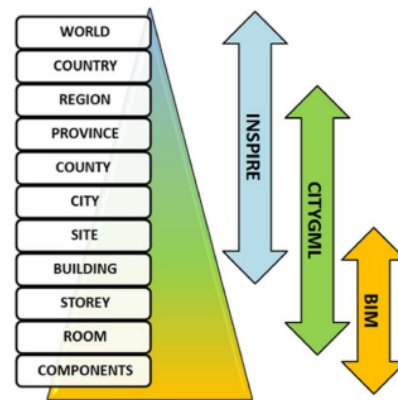
De senaste versionerna av standarder

CityGML 3.0 version möjliggör:

- Bättre integration med BIM
- inomhusutrymmen i olika detaljnivåer stöd för dynamiska sensordata
- Tidsmodellering
- Tillägg för applikationsdomäner (ADE)

IFC 4.3-version

- Förbättrad interoperabilitet med CityGML
- 4D- och 5D-modellering
- Energi- och miljödata
- BIM för infrastruktur



Information från olika modeller från Bachert (2023) Mapping the Energy ADE to CityGML 3.0

De senaste versionerna av CityGML- och IFC-standarderna

CityGML 3.0-versionen ger mycket bättre integration med BIM jämfört med de äldre versionerna. Det inkluderar t.ex. möjligheten att representera inomhusutrymmen i olika detaljnivåer (LOD), stöd för dynamiska sensordata och för tidsmodellering, och möjligheten att utöka informationsmodellen till Application Domain Extensions (ADEs).

På samma sätt, IFC4 som den senaste versionen av IFC och det har flera förbättringar när det gäller interoperabilitet med CityGML, till alternativ för 4D- och 5D-modellering och till energi- och miljöenheter, jämfört med IFC2x3.

Många data kan dock fortfarande finnas i de äldre versionerna av standarderna. I sådana fall rekommenderas att överväga deras konvertering till de senaste versionerna.

Konvertering från BIM till GIS I

- Visualisera och analysera nyplanerad utveckling tillsammans med befintliga objekt
- CityGML-modellen består av ett geometriskt och ett semantiskt lager
- Geometrisk – semantisk konsistens behövs för objekt som finns i båda lager
- Konvertering av både semantisk och geometrisk lager



Ny utveckling visualiserad i befintlig stadsmiljö. Skärmbild av Esris träningsdata.

Konvertering från IFC till CityGML

Omvandling från BIM till GIS gör det möjligt att visualisera och analysera den nyligen planerade utvecklingen tillsammans med befintliga objekt i omgivningen.

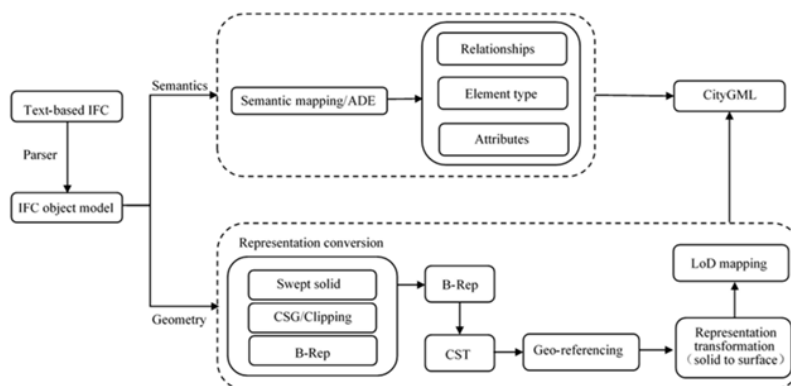
CityGML-modellen består av ett geometriskt lager och ett semantiskt lager. Om ett visst objekt finns i båda hierarkierna är det sammankopplat genom relationer för att bilda geometrisk–semantisk konsistens. Till exempel, om en vägg i en byggnad har två fönster och en dörr på semantisk nivå, måste den geometriska representationen av väggen också innehålla geometrin hos fönstren och dörren.

Detta tillvägagångssätt möjliggör oberoende navigering i både hierarkier och mellan dem. Den stöder dataintegration samt rumslig semantisk fråga och analys. Således är huvuduppgiften för BIM-till-GIS geometrisk omvandling och semantisk kartläggning (se senare i mer detaljerad beskrivning).

Konvertering från BIM till GIS II

- 1) Tolka objekt från IFC-textfil
- 2) Konvertering, semantisk lager och geometri separat
- 3) Visualisering och validering

Varje omvandling från IFC till CityGML medför förlust av information.



IFC till CityGML konvertering. Från: Tan, Liang, Zhu (2023) CityGML in the Integration of BIM and the GIS: Challenges and Opportunities. Buildings 13, <https://doi.org/10.3390/buildings13071758>

Som första steg i konverteringen analyseras den textbaserade IFC-filen i en objektmodell.

Sedan bearbetas den semantiska och geometriska informationen i IFC-objektmodellen separat och konverteras till CityGML-modellen.

Slutligen innehåller sista steget förbättringar och visualisering av den bearbetade informationen för att säkerställa att resultatet är giltigt.

Som vi redan vet finns det skillnader i omfattningen och avsikten med BIM och GIS, vilket resulterar i de kontrasterande IFC- och CityGML-dataformaten. Eftersom BIM används för detaljerad modellering i liten skala använder IFC klasser för att hantera alla tänkbara element i en byggnad. Det finns över 800 klasser i IFC4. Endast 60–70 av dessa 800 klasser är dock relaterade till geospatial information. Och från dessa kan endast 17 klasser mappas till CityGML.

I verkligheten är de mest relevanta objektklasserna för CityGML endast en delmängd av *IfcSpace* och alla undertyper/subentiteter av *IfcBuildingElement*. Alla andra klasser representerar antingen rörliga objekt eller är abstrakta klasser utan geometri.

Det är därför viktigt att inse att **varje omvandling från IFC till CityGML medför förlust av information.**

Det är dock fördelaktigt att bevara en viss delmängd information från IFC, även om den informationen inte är inbyggd i CityGML. Vilken del av IFC-informationen det är beror på användningsfallet. Praktiskt taget är det möjligt genom att använda den generiska modulen eller CityGML Application Domain Extension (ADE).

Semantisk kartläggning

Kartläggning av elementtyper, relationer och attribut från IFC till CityGML

Flera situationer:

- Vissa objekt kartlägger direkt en-mot-en
- Vissa hör till flera CityGML-klasser
- Många IFC-objekt mappas till en CityGML-klass
- Indirekt kartläggning – när direkt kartläggning omöjligt

Semantik är vanligtvis den huvudsakliga begränsningen i konverteringen

IFC-CityGML-kartläggning. Från: Sahleb et al (2020) Automatic conversion from CityGML to IFC, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-4-W1-2020-127-2020>

CityGML	IFC
AbstractBuilding	IfcBuilding
-GroundSurface -FloorSurface -CeilingSurface	IfcSlab -GroundSlab -FloorSlab -CeilingSlab
RoofSurface	IfcRoof
-WallSurface -InteriorWallSurface	IFCWall -Interior Wall -Exterior Wall
WallSurface	IfcCurtainWall
GenericCityObject	IfcBuildingElementProxy
SolitaryVegetationObject	IfcBuildingElementProxy
Opening Door Window	IfcOpeningElement IfcDoor IfcWindow
BuildingInstallation	IfcBeam, IfcColumn, IfcCovering, IfcStair, IfcRailing, IfcRamp

Semantisk kartläggning

Semantisk mappning är mappningen av elementtyper, relationer och attribut från IFC-objektmodellen till CityGML-modellen.

Den semantiska kartläggningen består av att identifiera semantiken i det analyserade IFC-datasetet och dess efterföljande konvertering till en CityGML-semantikmodell. Praktiskt taget exporteras serier av konverteringsrelevanta .obj-filer från IFC och sedan omvandlas de enskilda .obj-filerna till CityGML.

Vissa objekt kan mappas en-till-en. IfcDoor kan till exempel mappas direkt till Door i CityGML, och IfcWindow kan mappas direkt till Window i CityGML.

En-till-många-mappning innebär däremot att en IFC-klass kan mappas till flera CityGML-klasser. Till exempel kan IfcSlab mappas till OuterFloorSurface när ytan är uppe, till WallSurface när ytan är horisontell och till OuterCeilingSurface när ytan är nere.

Alternativt kan flera IFC-klasser mappas till en enda CityGML-klass genom många-till-en-mappning. Här kan vi namnge IfcColumn, IfcBeam och IfcStair, som alla är mappade till BuildingInstallation eller IntBuildingInstallation i CityGML.

Indirekt mappning avser situationer där IFC-klassen inte direkt kan mappas till CityGML och som kräver ytterligare geometriska operationer baserade på resultaten av en-till-en- och en-till-många-mappningar.



Då är det nödvändigt att inte bara mappa IFC-klasser till CityGML-entiteter, utan också att kartlägga klassernas egenskaper och relationer.

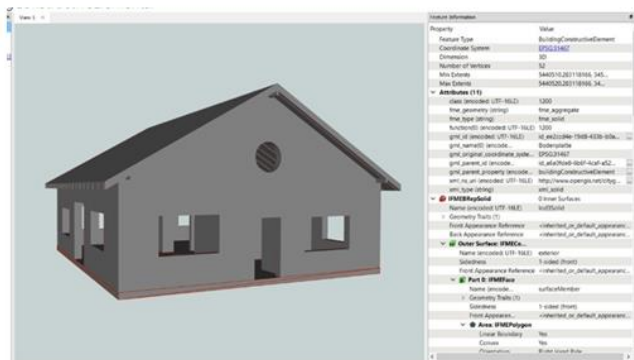
Till exempel måste egenskaperna för IfcWindow (t.ex. tjocklek, material etc.) mappas till motsvarande egenskaper för Fönsterentiteten i CityGML. Detta säkerställer att den konverterade CityGML-modellen kan behålla och representera de relevanta attributen för Window.

Dessutom är det viktigt att kartlägga relationerna mellan IfcWindow och andra klasser, till exempel Ifcwalls och IfcOpeningElement. Detta säkerställer att den konverterade CityGML-modellen korrekt representerar föreningarna mellan fönster, väggar och öppning.

Sammantaget kommer alla namngivna byggnadsdelar att tillhöra funktionsklassen AbstractConstructiveElement, underklassen BuildingConstructiveElement, modul Building, i CityGML3.

Om motsvarande semantisk information för IFC-modellen inte finns tillgänglig i CityGML kan Generics-modulen och ADE-utvidgningsmekanismen tillämpas (se även ovan). Det händer också att viss semantisk information saknas i IFC-filen men förväntas eller krävs i CityJSON. I vilket fall som helst är semantik vanligtvis den huvudsakliga begränsningen av omvandlingen.

Geometriomvandling



FZK Haus omvandlas till CityGML av FME. Byggnadselement visualiseras. Källa:
[GitHub - tum-gis/ifc-to-citygml3: An FME workspace for converting IFC data sets to CityGML 3.0 data sets](https://github.com/tum-gis/ifc-to-citygml3)

Varje IfcObject i IFC-fil kontrolleras om:

- Den har en geometri
- Den är utanför eller inne i en byggnad

Den lagras sedan som en gml:Solid eller en gml:MultiSurface.

Utmaningar uppstår från olika geometriska representationer och olika detaljnivåer

Georeferering och koordinatsystem-transformation kan utföras i detta steg

Geometriomvandling

I de geometriska transformationerna kontrolleras varje filtrerat IfcObject i IFC-filen om den har en geometri och om den finns utanför eller inuti en byggnad. Den lagras sedan som en gml:Solid eller en gml:MultiSurface.

I likhet med den semantiska kartläggningen kan vissa objekt omvandlas direkt, till exempel IfcRoof. I andra fall behövs mer nedbrytning. Denna nedbrytning görs tills en slutlig kartläggning hittas. Till exempel kan en IfcPlate på egen hand ha många betydelser, så det måste sönderdelas ytterligare tills t.ex. IfcWindow, som sedan mappas till Window i CityGML.

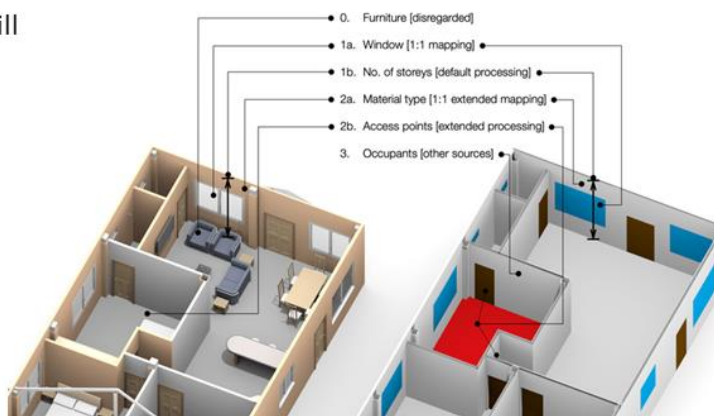
Utmaningarna i geometrisk omvandling uppstår från olika geometrisk representation och olika detaljnivå mellan IFC och CityGML.

Som vi redan har diskuterat definierar IFC fem utvecklingsnivåer (LOD), men de matchar inte med de fyra detaljnivåer (LoD) som definieras i CityGML. Därför är LoD-mappning nödvändig för att konvertera IFC-modeller till olika CityGML LoDs.

Georeferering och koordinatsystemtransformation kan utföras i geometritransformation, om dessa inte gjorts tidigare på indata.

Förenkling

- Konvertering BIM-till-GIS leder till förenkling och borttagning av detaljer
- Att välja optimal nivå är avgörande
- Bäst att anpassa IFC-modellen redan på BIM-nivå, inte i konverteringen
- Användning av Model View Definitions (MVD) rekommenderas



[Illustration-of-the-relation-between-IFC-and-CityGML-showing-examples-of-categories-in.ppm \(850x478\) \(researchgate.net\)](#)

Förenkling

För att påminna oss, omvandlingen av IFC till CityGML innebär att förenkla och ta bort detaljer och onödig information i data. Av de över 800 klasser som definieras i IFC-schemat är majoriteten inte relevanta i GIS.

Att välja en optimal detaljnivå som ska konverteras från en BIM-modell är mycket viktigt. Föremål måste modelleras med tillräckligt med detaljer, beroende på arbetets omfattning. Samtidigt kommer alltför många detaljer att göra den integrerade modellen mycket stor, multiplicera fel och orsaka att programvaran släpar efter.

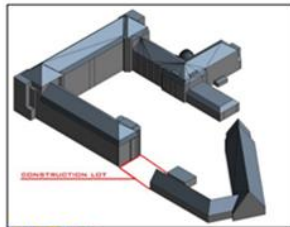
IFC-modellen kan anpassas redan på BIM-nivå, inte nödvändigtvis så sent som i IFC-CityJSON-konverteringen. Modellvydefinitioner (MVD, se även BIM Introduktionskurs) kan användas för att begränsa datamodellen till ett specifikt syfte, till exempel design eller energianalys. En rad fördefinierade MVD kan hittas i MVD-databasen för buildingSMART International.

I vilket fall som helst bör validering av utdata CityGML-filen mot ett schema vara ett standardförfarande på grund av alla införda fel i olika steg.

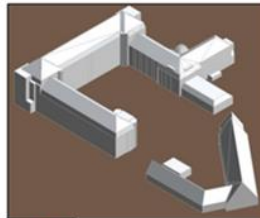


Konvertering från GIS till BIM I

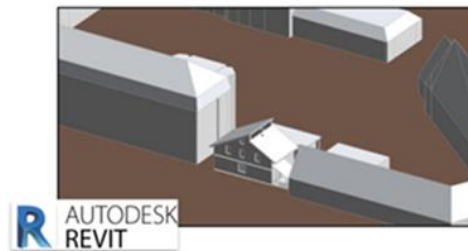
- GIS-data som används i BIM – vanligtvis konvertering av CityGML till IFC
- Förbättrar informationen om omgivningen



CityGML



IFC2x3 CV2.0



- 1) Val av omgivning i stadsmodell /CityGLM datafil
- 2) Exportera från CityGLM till IFC
- 3) Importera till BIM-programvara för att ansluta till en planerad byggnad

Visualisering av CityGLM till IFC
konverteringssteg. Från: Salheb
(2019) Automatic Conversion of
CityGML to IFC, TU Delft

Konvertering från GIS till BIM

GIS-to-BIM innebär att de geospatiala data som skapas av GIS används i BIM, vilket vanligtvis betyder CityGML till IFC-konvertering. Denna typ av konvertering brukade vara mindre vanlig, eftersom den enklare modellen konverteras till den mer detaljerade.

Men att föra in semantiska 3D-stadsmodeller och terrängmodeller i BIM förbättrar informationen om den omgivande miljön, både för planerade projekt eller för renoveringar. GIS-data lagras enligt IFC-modellen och hanteras från BIM-programvaran i detta fall.

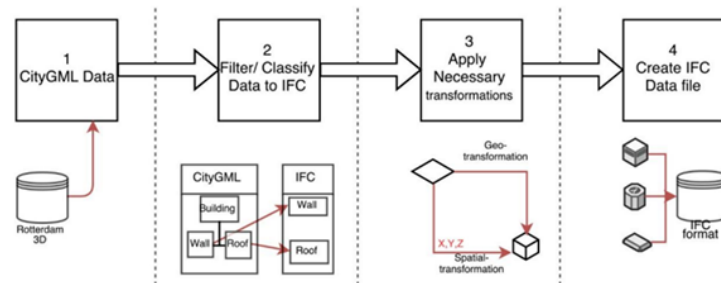
En applikation är således att skapa en förenklad BIM-modell av de omgivande byggnaderna från CityGML och kombinera den med de fullständiga projektmodellerna med hjälp av BIM-programvara, vilket dokumenteras av siffrorna.

Konvertering från GIS till BIM II

- Enklare modell konverteras till den mer detaljerade

Användning:

- Analyser för design och konstruktion
- Digital tvilling, fastighetsförvaltning
- Både IFC och CityGML är semantiska modeller med strikt separation mellan geometri och semantik.



Schema över konverteringsarbetsflödet från CityGML till IFC. Från: Salheb (2019)
Automatic Conversion of CityGML to IFC, TU Delft

Det råder ingen tvekan om fördelarna med att visualisera och analysera ny utveckling inom sin omgivning. Det finns många tillämpningar i alla faser av livscykeln.

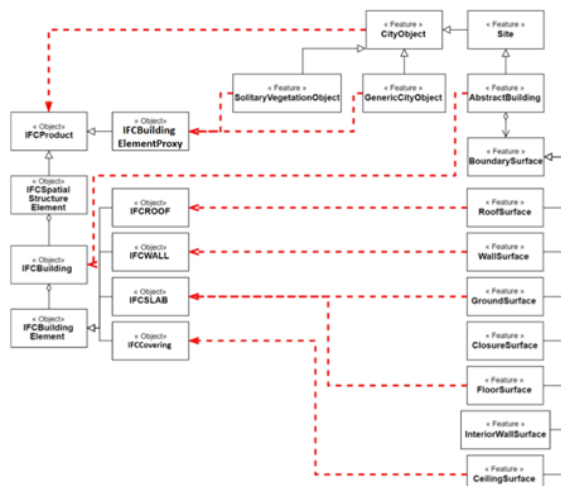
I designfasen kan man testa olika platser, byggnadsexponering eller till och med själva arkitektoniska designen. Under byggtiden är det möjligt att t.ex. optimera logistiken på byggarbetsplatsen. Senare kan den detaljerade BIM-modellen i sin miljö optimalt bli en digital tvilling med alla dess fördelar. Det finns föreläsningar som är specialiserade på applikationerna senare i kursen (block 2 och 3).

I likhet med CityGML är även IFC semantisk modell med strikt separation mellan geometri och semantik. Som sådan finns det semantisk kartläggning och geometritransformation som två olika steg även i GIS-till-BIM-riktning.

Semantisk kartläggning I

- IFC har fler klasser än CityGML
- Endast en minoritet av klasserna är relevant för konvertering
- Semantiska betydelse av objekt ofta olika i IFC jämfört med CityGML

Utmaning - hur man bäst kartlägger semantik från CityGML till sina motsvarigheter i IFC?



Semantisk kartläggning från CityGML till IFC. Från Sahleb et al (2020)
Automatic conversion from CityGML to IFC, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-4-W1-2020-127-2020>

Semantisk kartläggning II

Steg:

- Jämförelse av IFC- och CityGML-schema
- Undersökning av vilka objekt och attribut som motsvarar varandra
- Relevanta data filtrerade och klassificerade i IFC

Viss förlust av semantisk information är oundviklig eftersom många delar inte är tillämpliga för konverteringen

IFC objects	CityGML 3.0 objects
IfcProject	CityModel
IfcSite	LandUse
IfcBuilding	Building
IfcBuildingStorey	Storey
IfcSpace	BuildingRoom
IfcWallStandardCase	BuildingConstructiveElement
IfcBeam	BuildingConstructiveElement
IfcSlab	BuildingConstructiveElement
IfcMember	BuildingConstructiveElement
IfcDoor	Door
IfcWindow	Window
IfcRailing	BuildingInstallation
IfcStair	BuildingInstallation

Kartläggning mellan IFC- och CityGML-objekt.

Semantisk kartläggning

IFC har ett stort antal klasser, jämfört med CityGML. Som vi redan vet är endast en minoritet av klasserna relevanta i omvandlingen och det är vanligt med olika semantiska betydelser av föremål. Frågan är då hur man bäst kartlägger semantik från CityGML till deras motsvarigheter i IFC.

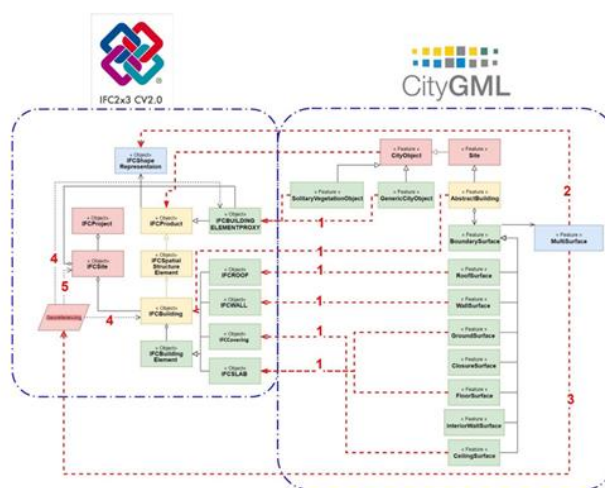
Det första steget i konverteringen är således att matcha IFC- och CityGML-scheman, vilket innebär att undersöka vilka attribut och enheter som motsvarar varandra. De relevanta uppgifterna filtreras sedan och klassificeras i IFC.

En viss förlust av semantisk information är dock oundviklig på grund av detta faktum att många av enheterna inte är tillämpliga på konverteringen.

Geometriomvandling

Steg:

- Skapa geometri för IFC-objekt baserat på CityGML-geometri (röd linje 2 i figuren)
- Skapa georeferenspunkt från CityGML (linje 3)
- Georefererande IFC-objekt (4)
- Lagring av georeferensinformation i IFCSite (5)



Komplett metodik för GIS-till-BIM-konvertering. Röda linjer markerade 1 blir kvar för den semantiska kartläggningen. Från Salheb et al (2020) AUTOMATIC CONVERSION OF CITYGML TO IFC. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLIV-4/W1-2020

Geometriomvandling

Det finns flera steg i geometri översättning, som beskrivs på bilden och i figuren. Dessa inkluderar skapandet av geometri resurser för relevanta objekt och georeferering.

IFC har flera distinkta geometriska modeller, som Constructive Solid Geometry (CSG), Boundary representation eller Sweeping. Dessa har ofta ingen motsvarighet i CityGML, vilket komplicerar den direkta översättningen.

IFC har också alternativ för att hantera topologiska modeller. Det är dock nödvändigt att överväga vilken del av topologiinformationen som behövs och bör behållas i den resulterande IFC-modellen.

Vissa BIM-program (inklusive Autodesks Revit) har en metod för georeferensmodeller och ger sätt att mata georeferensdata till BIM-modeller. Det är alltid nödvändigt att kontrollera för korrekt georeferering, eftersom de ursprungliga BIM-modellerna vanligtvis bara har lokala referenssystem, som vi redan vet.

Programvaror för integration

- Fri programvara
KIT Model Viewer
- Kommersiell programvara
FME
Appar från Esri-Autodesk
- Egna algoritmer

Alla konverterar på olika sätt,
vilket resulterar i varierande
resultat



Esri-Autodesk samarbetsappar: Lägga till City Furniture från ArcGIS till InfraWorks (upp), BIM-modell läggs till en stadsmodell i ArcGIS GeoBIM (skärmdumpar)

Programvara för integration

Det finns både fri och kommersiell programvara för BIM-GIS-konvertering. Det tredje sättet är att utveckla skräddarsydda algoritmer. Eftersom olika BIM-program hanterar IFC-data på olika sätt, gör även konverteringen det. Som ett resultat kommer de konverterade GIS- eller BIM-modellerna att skilja sig från varandra, beroende på vilken programvara som används.

Befintliga programvarupaket erbjuder hög effektivitet och robusthet och ger snygga modeller. Å andra sidan är de dyra, kan sakna möjlighet att justeras enligt specifika krav och de beter sig som en svart låda. Databehandlingsstegen är dolda för användarna och det är komplicerat att identifiera orsaken om det finns några fel.

Den mest avancerade integrationen tillhandahålls av Esris ArcGIS och Autodesk's programvara, som är kompatibla med varandra. De kan användas för datakonvertering, hantering och visualisering i båda riktningarna, och behandlar naturligtvis både semantiköverföring och geometrikonvertering. Med Autodesk's programvara är de mest relevanta för BIM-GIS-integration Revit, som hanterar detaljerad design, och InfraWorks, som hanterar konceptuell design och infrastruktur.

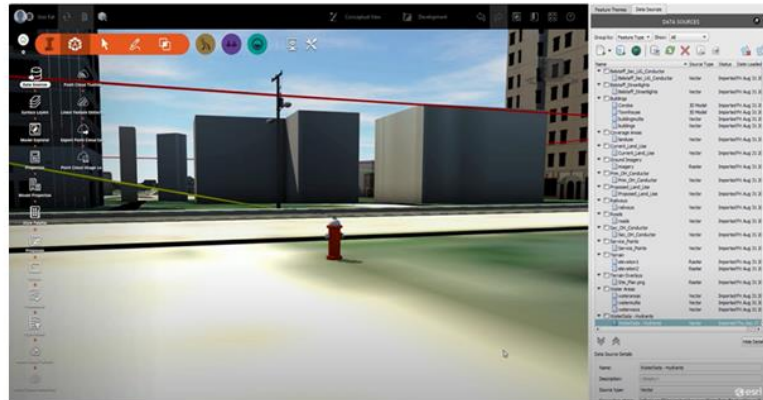
Ett annat kommersiellt alternativ är FME, Feature Manipulation Engine. FME stöder också både geometrisk konvertering och semantisk kartläggning. Det konverterar dock filen, men uppnår inte fullständig konvertering och visualisering i praktiska tillämpningar. Det är ArcGIS som kan användas som en plattform för integrerad datahantering och visualisering.

Kommersiell programvara (som Revit) förväntar sig ofta bara helt exakta IFC-modeller som ska importeras till den. Om IFC-modellen inte är komplett kan den fortfarande fungera i fri programvara som KIT Model Viewer (efterföljare till FZK Viewer). Men den fria programvaran är vanligtvis mindre användarvänlig jämfört med den kommersiella.

Den anpassade skript erbjuder flexibilitet och kan överbrygga luckorna i källdata, men är knappast att användas i stor utsträckning i praktiken.

Leverantörssystem

- Det mest relevanta är samarbetet mellan Esri och Autodesk
- Flera applikationer för fullständig integration
- Lätt att använda med snygga resultat
- Kostnad för programvarulicenser



Lägga till City-möbler i CityGML till Autodesks InfraWorks, skärmdump

Integrationsstrategier – Leverantörssystem

Förutom de projektspecifika tillvägagångssätten som nämns ovan finns det leverantörssystem. Det mest relevanta är samarbetet mellan Esri (ArcGIS) och Autodesk, som tillhandahåller applikationer för att sömlöst ansluta BIM och GIS i båda riktningarna. Systemet är lättanvänt, webbaserat, fungerar smidigt och ger flera applikationer baserat på projektets omfattning. Nackdelen är det höga priset för programvarulicenserna.

BIM-GIS roll i projektets livscykel

- Fördelar i alla stadier
- Helt nya insikter när BIM-GIS integreras
- Bättre kunskapsbaserad beslutsfattande



[gis-and-bim-integration-for-sustainable-aec-industry-practices.pdf \(esri.com\)](https://www.esri.com/press-release/2019/05/gis-and-bim-integration-for-sustainable-aec-industry-practices.pdf) (på engelska)

BIM-GIS rollen i projektets livscykel

Integrerade BIM-GIS-system erbjuder många fördelar i projektutvecklingen, inklusive alla stadier av dess livscykel (LC).

Som vi vet fokuserar BIM själv på mikronivå representation av byggnader, och GIS ger makronivå representation av de yttre miljöerna. Det finns tre typiska sätt att integrera BIM-GIS, nämligen "BIM-ledningar och GIS-stöd", "GIS-ledningar och BIM-stöd" och "BIM och GIS är lika involverade".

Att kombinera BIM och GIS ger naturligtvis inte bara fördelar med båda teknikerna, utan även helt nya insikter som inte skulle dyka upp utan integrationen.

Detta bidrar naturligtvis till ett mer välinformerat beslutsfattande.

Vi kommer nu att titta på de viktigaste fördelarna i de enskilda LC-stadierna.

BIM-GIS i Planering och design

- Optimalt platsval
- Design anpassad till miljön
- MKB -
miljökonsekvensbeskrivning



Välja rätt plats för den planerade byggnaden
<https://biblus.accasoftware.com/en/planning-and-design-with-integrated-bim-gis-approach/>

BIM-GIS i planering och design

Planering är ett avgörande steg för ett projekts framgångsrika livscykel. Korrekt planering säkerställer att projektet slutförs i tid, inom budget och uppfyller alla krav och kvalitetsstandarder.

För det första möjliggör BIM-GIS-integrering en mer exakt platsbedömning, med beaktande av t.ex. topografi, infrastrukturnät och miljöförhållanden. Detta möjliggör både optimalt val av plats och effektivare design.

Närmare är det möjligt att analysera aspekter som solexponering, rådande vindar eller vegetation, avgörande för att utforma miljömässigt hållbara byggnader.

Miljökonsekvensbedömning, MKB, bör inledas redan i planeringsfasen. BIM-GIS är det bästa alternativet för att analysera projektets miljöpåverkan. Denna påverkan kan minskas ytterligare genom att optimera anläggningsdesignen, utnyttjandet av energi eller av byggnadsmaterial med låg påverkan.

Andra aspekter att ta hänsyn till är t.ex. tillgång till vattenresurser och förvaltning för att utforma effektiva dräneringssystem och förebyggande av översvämningar, eller transportinfrastruktur för att bedöma tillgänglighet och trafikpåverkan och planera effektiva vägar, parkeringar och kollektivtrafiksystem.



BIM-GIS-integration i byggbranschen

Betydande fördelar med BIM-GIS integrerade tillvägagångssätt i byggfasen inkluderar:

- Optimering av byggplatslogistik
- Modellering av personalkrav på plats för att maximera säkerhet, rättvisa och produktivitet
- Förvaltning av försörjningskedjan för byggsektorn



BIM-GIS i byggbranschen

Även i byggfasen drar en rad applikationer nytta av BIM-GIS-integration.

Det kan vara optimering av byggplatslogistik, då placering av kranar och lagerytor kan planeras utifrån omgivningen. Ett annat exempel är planering av tunga transporter, styrning av försörjningskedjan eller efterlevnad av miljöbestämmelserna under byggtiden.

Nästa betydande fördelar med det integrerade tillvägagångssättet är möjligheten att modellera personalkrav på plats för att maximera säkerhet, rättvisa och produktivitet.

BIM-GIS inom Facility Management

- Drift och reparationer är projektets största kostnader
- Behovet av effektivitet och samarbete
- Integrerade BIM-GIS-system – fördelarna med BIM + berikas med omgivande data



BIM-GIS inom Facility Management

Den största delen av en byggnads livstidskostnad går till drift och underhåll. Kostnaden för årliga operationer brukar förutsägas som en procent av den totala kostnaden för konstruktionen, mellan 1-6%.

Det sägs att i varje större struktur, till exempel ett sjukhus eller en flygplats, är 10% av området vanligtvis under återuppbyggnad. Det finns också 10-15 års driftkostnadstoppar för större renoveringar. Med 100 år lång projektlivscykel uppgår det till högre belopp jämfört med design- och byggfaser.

Det är därför nödvändigt att se till att fastighetsförvaltningen är så effektiv och kostnadseffektiv som möjligt. Tillgången till begriplig information är avgörande för att lyckas med detta.

Integrerat BIM-GIS-system bör optimalt ge ett gränssnitt som möjliggör en total datadriven översikt över tillgången och dess omgivning. Ett sådant gränssnitt skulle ge en tydlig situationsbild av både status och framtida behov för alla som behöver informationen.

Se även <https://www.esri.se/datadrivna-insikter/blog/2022/03/04/visuellt-besluts-och-verksamhetsstod-for-facility-management/>

BIM-GIS i nedmontering

- Upp till 50 % av det totala avfallet kommer från AEC-industrin
- Minskning av avfall och transporter
- Återanvändning av material
- Optimalt planeras slutfasen redan på designstadiet



https://waste-management-world.com/imager/media/wasteManagementWorld/3659168/AdobeStock_483623318_b0464c6958b2ce61ced917e5958dc330.jpeg

BIM-GIS i nedmontering

BIM-GIS har stor potential att användas i dekonstruktion, men fortfarande till stor del förbises.

AEC-industrin genererar ett av de tyngsta och mest omfattande avfallsflödena i världen. I Europa uppgår den till omkring 46 % av det totala avfallet. Merparten av detta avfall kastas fortfarande i deponier.

Dekonstruktion är processen för fullständig eller partiell demontering av en byggnad. Det underlättar återanvändning av komponenter och materialåtervinning, vilket kan avlägsna upp till 50 % av det avfall som kastas i deponierna (se ovan), jämfört med enkel rivning. Dessutom förhindrar det utvinning av nya material, minskar den tillhörande utsläpp av växthusgaser, samt sparar energi och vattenförbrukning.

BIM-GIS kan hjälpa till att planera och analysera dekonstruktionen redan från början av designprocessen för de nya projekten.

I gamla tillgångar i slutet av livscykeln (t.ex. kraftverk, broar, vindkraftverk etc.) kan BIM-GIS användas för att analysera befintliga förhållanden, märka återanvändbara element eller simulera nedmontering och logistik.

BIM-GIS och digitala tvillingar (DT)

- DT - digital motsvarighet till en fysisk byggnad
- Realtidsdata – sensorer, IoT-Internet-of-things
- Sömlös inomhus-utomhus övergång
- T.ex. hantering av nödsituationer, inne-navigering, riskanalys
- Infrastruktursnätverksanalys



<https://www.esri.com/en-us/industries/blog/wp-content/uploads/2021/05/Digital-Twin.jpg>

BIM-GIS och digitala tvillingar (DT)

Integrerade BIM-GIS-data kan användas för att skapa digitala tvillingar av byggnader och infrastruktur.

En sådan digital tvilling är en digital motsvarighet till en fysisk tillgång. Optimalt kan den samla in realtidsdata via sensorer och Internet of Things (IoT). Uppgifterna ger sedan anläggningschefer information om tillgångsprestanda, underhållsscheman, utrymmeshantering och lönsamhet eller energiförbrukning.

Andra insikter som vunnits genom BIM-GIS Digital Twin (dvs. att kombinera byggnaden och omgivningen) är t.ex. sömlös övergång inomhus-utomhus. Det förbättrar t.ex. hanteringen av nödsituationer i byggnader, inklusive inomhusnavigering. Som ett annat exempel kan försörjningsnät inomhus och utomhus analyseras gemensamt för underhållsändamål.

Se även:

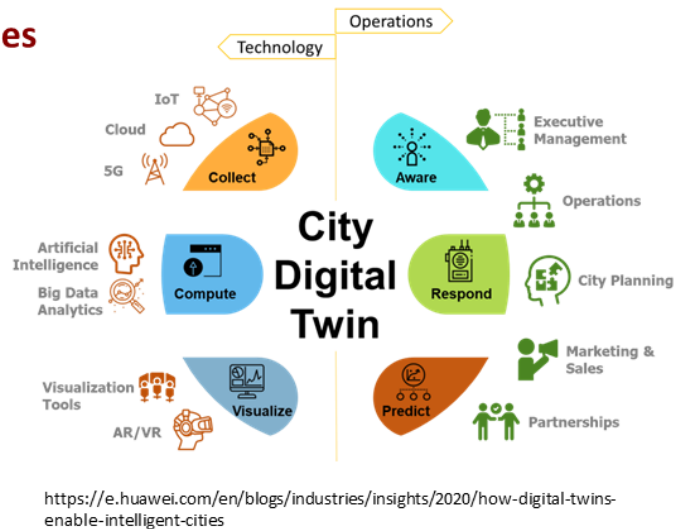
Birgit föreläsning om digitala tvillingar

[Digital Twin Technology & GIS Vad är en digital tvilling? \(esri.com\) Övrigt](#)

[ArcGIS nyckel till digitala tvillingar som kan hjälpa till att återuppfinna städer \(esri.com\)](#)

BIM-GIS, DT och Smart Cities

- En "smart stad" är ett stadsområde där tekniken bidrar till att förbättra livskvaliteten
- Tusentals sensorer
- Omedelbar anslutning, analys och kommunikation
- Kräver integrerade data för digitala tvillingar och BIM-GIS



BIM-GIS, DT och Smart Cities

Digitala tvillingar är en utgångspunkt för byggandet av smarta städer.

En "smart stad" är ett koncept för ett stadsområde där teknik och datainsamling bidrar till att förbättra livskvaliteten, hållbarheten och effektiviteten i stadens verksamhet. Det fungerar genom kontinuerlig övervakning av boende och infrastruktur, och omedelbar kommunikation av suboptimal prestanda.

En smart stad är då en stad utrustad med en uppsättning sensorer, vanligtvis hundratals eller tusentals. Invånare och stadsarbetare kan i sin tur förse med appar som gör det möjligt för dem att få tillgång till stadens tjänster, att utfärda problem och olyckor, att betala parkeringsavgifter, kontrollera transportscheman och så vidare.

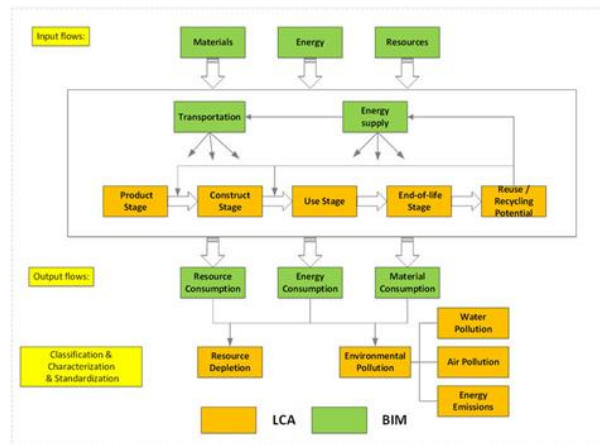
Utvecklingen av en smart stad kräver integrering av tredimensionella byggnadsmodeller (t.ex. från BIM) i en storskalig stadsmodell (semantisk 3D GIS).

[Hur digitala tvillingar möjliggör intelligenta städer - Huawei Enterprise](#)
[BIM, GIS och smarta städer: Utmaningar och möjligheter Autodesk University](#)



BIM-GIS och livscykelanalys, LCA

- LCA - metod för kvantifiering av miljöpåverkan
- Identifiera viktiga miljöfrågor
- Föreslå begränsning av problemen
- Certifieringar för "gröna byggnader"



[BIM-LCA-evaluation-process-A-more-advanced-approach-to-BIM-LCA-Integration-Research-and.jpg \(850x627\) \(researchgate.net\)](#)

BIM-GIS och livscykelanalys

Alla fördelar med att använda BIM-GIS-integrerade data kan tillämpas i olika förfaranden som vanligtvis krävs för hållbar samhällsplanering.

En av metoderna är livscykelanalys (LCA). Det är den etablerade metoden för kvantifiering av miljöpåverkan, tillämplig även på byggnader och andra tillgångar.

Genom att koppla samman LCA-programvara med digitala designverktyg, det vill säga integrerade BIM-GIS-modeller, är det möjligt att identifiera miljöproblem och föreslå hur de kan mildras redan under designprocessen.

LCA kan också ge stöd för certifieringar av "gröna byggnader" såsom BREEAM eller LEED.

Några av de viktigaste tillämpningarna som överväger LCA (Life Cycle Assessment) är:

- Analys av förkroppsligat kol
- Modellering av energiförbrukning
- Transport- och logistikeffekter
- Analys av uttjänta produkter
- Vatten- och resursförvaltning

- Integrering av förnybar energi
- Regional miljökontext

[BIM- och GIS-baserade livscykelanalysramverk för ökad ekoeffektivitet och hållbarhet inom byggsektorn \(mdpi.com\)](#)

[LEED - Sweden Green Building Council \(sgbc.se\)](#)
[BREEAM-certifiering från BRE - BREEAM](#)

BIM-GIS och MKB, miljökonsekvensbedömning

- MKB krävs för alla större projekt
- MKB kan förbättras avsevärt med hjälp av BIM-GIS-integrerade data
- Förbättrade analyser av kumulativa effekter
- Utformning av effektiva riskreducerande åtgärder

Environmental Impact Assessment



[6a7186de189b11cbd75200daba0a3d96.png \(512 x 497\) \(prepp.in\)](#)

BIM-GIS och miljökonsekvensbeskrivning

Integrerade BIM-GIS-data ger en enorm potential för att förbättra processen för miljökonsekvensbedömning, MKB.

Miljökonsekvensbedömning krävs i princip för alla större projekt, från bostadsområden till flygplatser eller kraftverk. Hittills har dock BIM-GIS-baserad MKB sällan genomförts. MKB utförs traditionellt av hållbarhetsexperten, med hjälp av annat än BIM-programvara. Även djup GIS-användning saknas ofta i MKB-rapporter, förmodligen på grund av brist på kunskap.

Under alla omständigheter kan GIS-data ge grundläggande miljöinformation för MKB, medan BIM-modeller kan simulera byggsценарier. Om BIM-GIS systematiskt integreras med en uttrycklig datastruktur och möjliggör dubbelriktat datautbyte skulle det möjliggöra mer exakta analyser av

potentiella förändringar i miljön och utformning av effektiva begränsningsåtgärder. Vidare skulle analyser av kumulativa effekter vara mer exakta med mer data tillgängliga och lättillgängliga.

BIM-GIS och mikroklimatsimuleringar

- Hjälper till att identifiera och undvika värme-hot-spots
- Optimal byggnadsdesign, lokalisering, orientering och material
- Förbättrad termisk komfort och energieffektivitet



Uplevd temperatur på fotgängarnivå, inklusive effekter av solstrålning, vindhastighet, lufttemperatur och fuktighet. Från: <https://rheologic.net/articles/urban-microclimate-simulation-explained/>

BIM-GIS och mikroklimatiska simuleringar

Med BIM-GIS kan planerare genomföra omfattande mikroklimatanalyser, vilket behövs med ökande globala temperaturer. Man kan t.ex. identifiera potentiella värmehotspots i ett tätortsområde och undvika, eller åtminstone mildra, dem (som också kan ingå i MKB).

I sådana fall ger GIS-data rumslik information om lokala temperaturer, solstrålning, skuggningseffekter av närliggande strukturer och vegetation eller på vindmönster. BIM omfattar i sin tur byggnadsgeometri och termiska egenskaper hos material.

Genom simuleringar och scenariotester är det möjligt att optimera byggnadsdesign, lokalisering, orientering, färg och material. Dessa åtgärder förbättrar i sin tur inte bara värmekomforten utan även byggnadens energieffektivitet genom att t.ex. minska behovet av AC-kylning på sommaren och behovet av uppvärmning på vintern.

Se även: [BIM- och 3D-stadsmodeller som indata för mikroklimatsimulering](#)

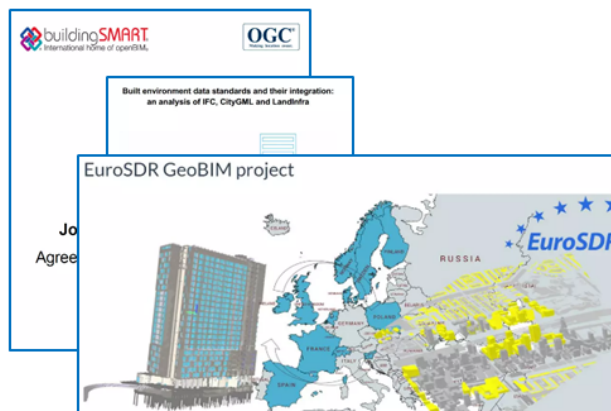
[Urban mikroklimat simulering förklaras - Rheologic](#)

BIM-GIS-integration – EU:s framtida inriktning

EU har främjat användningen av BIM- och GIS-teknik på olika sätt för att förbättra planeringen, byggandet och förvaltningen av infrastrukturen.

Direktiv och förordningar relaterade till datadelning, interoperabilitet och öppna standarder som indirekt påverkar integrationen av BIM och GIS.

Olika EU-initiativ och EU-politik stöder indirekt införandet och integreringen av BIM-GIS.



Bildkälla: Shanghee Shin, webbadress: <https://www.slideshare.net/endofcap/integration-of-bim-and-gis-from-ideal-to-reality>

Lagstiftning för BIM GIS-integration

Även om BIM-GIS-integrationen ännu inte stöds fullt ut av lagstiftningen tar den fart.

EU har främjat användningen av BIM- och GIS-teknik på olika sätt för att förbättra planeringen, byggandet och förvaltningen av infrastrukturen.

Europeiska kommissionen har stött initiativ som syftar till att främja digitaliseringen inom byggsektorn, vilket ofta inkluderar att främja användningen av BIM-teknik, såsom Building SMART och EuroSDR GeoBIM-projektet. Dessutom finns det direktiv och förordningar relaterade till datadelning, interoperabilitet och öppna standarder som indirekt påverkar integrationen av BIM och GIS.

Även om det kanske inte finns något specifikt lagstiftningsdirektiv som enbart är inriktat på BIM-GIS-integration, stöder olika EU-initiativ och EU-politik indirekt antagandet och integrationen av dessa tekniker, men enskilda EU-medlemsstater kan ha sina egna regler eller riktlinjer för användningen av BIM och GIS i byggprojekt. Dessa kan variera i omfattning och genomförande.