

ВІМ автомобильных дорог: оценка зрелости технологии

Скворцов А.В., д.т.н., профессор, генеральный директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Рассматривается I-CMM — интерактивная модель оценки зрелости ВІМ (Interactive BIM Capability Maturity Model) с точки зрения её применимости в дорожном хозяйстве. На основе опроса экспертов в области проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог, получена грубая оценка современного уровня зрелости типичной отечественной организации. Отмечается необходимость широкого поэтапного преобразования современной нормативно-технической базы для соответствия современным требованиям ВІМ.

1. Введение

Идея информационного моделирования зданий (англ. Building Information Modeling, BIM) возникла в 1975 г. (изначально под другим именем) в результате эволюционного развития теории архитектурных САПР. Но как единая технология ВІМ начала активно применяться примерно с 2002 г. благодаря широкому внедрению базовых принципов ВІМ в программном обеспечении ведущих разработчиков архитектурных систем, в первую очередь в системе ArchiCAD [1].

С начала 2000-х годов начали появляться первые национальные нормативные документы (Австралия, Великобритания, Гонконг, Дания, Испания, Нидерланды, Норвегия, Сингапур, США, Финляндия), регламентировавшие процесс информационного моделирования зданий. В результате обобщения опыта их применения стали создаваться и международные стандарты. Так, в International Standard Organization (ISO) имеется два технических комитета, которые имеют прямое отношение к ВІМ. Это:

■ Технический комитет ISO/TC 184 — Automation systems and integration (Системы промышленной автоматизации и интеграции), подкомитет SC 4 — Industrial data (Промышленные данные). В этом подкомитете на основе разработки IFC 4 международного консорциума buildingSMART разработан стандарт ISO 16739:2013 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. Это стандарт на описание форматов обмена данными между ВІМ-системами.

■ Технический комитет ISO/TC 59 — Buildings and civil engineering works (Строительство зданий), подкомитет SC 13 — Organization of information

about construction works (Организация информации о строительных работах). Этот подкомитет разработал базовые 7 стандартов, все направленные на управление проектированием и строительством зданий на основе ВІМ-моделей:

- ISO 12006-2:2001 Building construction — Organization of information about construction works — Part 2: Framework for classification of information.
- ISO 12006-3:2007 Building construction — Organization of information about construction works — Part 3: Framework for object-oriented information.
- ISO/TS 12911:2012 Framework for building information modelling (BIM) guidance.
- ISO 16354:2013 Guidelines for knowledge libraries and object libraries.
- ISO 22263:2008 Organization of information about construction works — Framework for management of project information.
- ISO 29481-1:2010 Building information modelling — Information delivery manual — Part 1: Methodology and format.
- ISO 29481-2:2012 Building information models — Information delivery manual — Part 2: Interaction framework.

В вышеперечисленных международных стандартах пока ещё не нашли отражение многие стороны реальной работы в методологии ВІМ, поэтому на практике применяются различные национальные стандарты, стандарты консорциума buildingSMART, а также стандарты де-факто отдельных фирм — разработчиков программного обеспечения.

Несмотря на то, что технология ВІМ в явном виде (по своей исходной аббревиатуре ВІМ — building information model) относится

к зданиям, последние несколько лет всё активнее начали говорить о применимости BIM-технологии к строительству любых капитальных сооружений, в том числе и автомобильных дорог. Так, о претензиях BIM на автомобильные дороги говорится в стандарте ISO 29481-1 «Building information modelling — Information delivery manual — Part 1: Methodology and format», где в п. 2.2 даётся следующее определение BIM (обратите внимание, что расшифровка аббревиатуры изменена):

«BIM (англ. building construction information model) — это цифровое представление любого строительного объекта (включая здания, мосты, дороги и пр.), совместно используемое и являющееся надёжным источником принятия решений».

Уже известны многочисленные попытки применения отдельных технологий BIM в дорожном хозяйстве как за рубежом, так и в России. И, как правило, опыт такого рода применения описывается как положительный.

Это тем более удивительно, **ведь сейчас в мире нет ни одного BIM-стандарта для комплексного описания проектов автомобильных дорог** и, как следствие, **нет ни одной САПР автомобильных дорог, которая могла бы называться BIM-системой!**

В данной статье попробуем разобраться, о чём идёт речь. Для этого мы рассмотрим I-CMM — интерактивную модель оценки зрелости BIM (Interactive BIM Capability Maturity Model), вошедшую в стандарт National BIM Standard (NBIMS, США). Несмотря на то, что эта модель была разработана в 2007 г., она до сих пор не потеряла актуальности и широко используется для оценки уровня применения технологий BIM для управления строительством и эксплуатацией зданий.

2. Модель оценки зрелости BIM

Для разработки модели оценки зрелости BIM авторы американского стандарта National BIM Standard (NBIMS) использовали метод ситуационного анализа, представленный в [2]. В стандарте NBIMS вводится модель I-CMM [3], в соответствии с которой выделяется 11 критериев (категорий, областей интересов), по которым выполняется оценка процесса исполнения строительных контрактов. Каждый критерий в результате экспертной оценки получает уровень зрелости от 1 до 10. Каждый полученный уровень умножается на коэффициент важности, а результат суммируется. Итоговое значение позволяет дать общую оценку зрелости применяемой BIM-технологии.

Сама модель представлена разработчиками в общем доступе в виде электронной таблицы Microsoft Excel (рис. 1). В этой модели можно самостоятельно вводить оценки зрелости отдельных категорий и немедленно получать итоговый результат.

Рассмотрим различные элементы модели I-CMM версии 2.0, выпущенной в 2012 г.

Стандарт NBIMS в части I-CMM вводит следующие 11 критериев экспертных оценок. Ниже приведён вольный авторский перевод (рис. 2, 3):

■ **A. Data Richness** (Полнота данных, важность 84%). Характеризует полноту представления информационной модели здания от отдельных несвязанных элементов данных до полного владения всей значимой информацией и знаниями об объекте в BIM-системе.

- Уровень 1. *Basic Core Data*. В электронном виде имеются только самые базовые данные.

TODAY:		September 28, 2014		
© NIBS 2012	The Interactive BIM Capability Maturity Model			
	Area of Interest	Weighted Importance	Choose your perceived maturity level	Credit
	Data Richness	84%	Data Plus Expanded Information	4,2
	Life-cycle Views	84%	Add Construction/ Supply	2,5
	Change Management	90%	Limited Awareness	2,7
	Roles or Disciplines	90%	Partial Plan, Design&Constr Supported	4,5
	Business Process	91%	Some Bus Process Collect Info	2,7
	Timeliness/ Response	91%	Data Calls Not In BIM But Most Other Data Is	2,7
	Delivery Method	92%	Limited Web Enabled Services	4,6
	Graphical Information	93%	3D - Intelligent Graphics	6,5
	Spatial Capability	94%	Basic Spatial Location	1,9
	Information Accuracy	95%	Limited Ground Truth - Int Spaces	2,9
	Interoperability/ IFC Support	96%	Most Info Transfers Between COTS	4,8
			Credit Sum	40,0
			Maturity Level	Minimum BIM
ADMINISTRATION	Points Required for Certification Levels			
	Low	High		
	40	49,9		Minimum BIM
	50	59,9		Minimum BIM
	60	69,9		Certified
	70	79,9		Silver
	80	89,9		Gold
90	100		Platinum	
Remaining Points Required For:		Certified	20,0	

Рис. 1. Интерактивная модель зрелости BIM в виде электронной таблицы Microsoft Excel

- Уровень 2. *Expanded Data Set*. В электронном виде имеются базовые и некоторые вспомогательные данные.
- Уровень 3. *Enhanced Data Set*. Имеются зачатки моделей данных.
- Уровень 4. *Data Plus Some Information*. Данные позволяют извлекать новую информацию.
- Уровень 5. *Data Plus Expanded Information*. Данные приобретают официальный статус и становятся первичным источником принятия решений.
- Уровень 6. *Data w/Limited Authoritative Information*. В электронном виде имеются отдельные метаданные и информация становится доступнее.
- Уровень 7. *Data w/Mostly Authoritative Information*.

Capability Maturity Model Category Descriptions		
Weight	Title	Description
1,1	Data Richness	Identifies the completeness of the building Information Model from initially very few pieces of unrelated data to the point of it becoming valuable information and ultimately corporate knowledge about a facility
1,1	Life-cycle Views	Views refer to the phases of the project and identifying how many phases are to be covered by the BIM. One would start as individual stove pipes of information and then begin linking those together and taking advantage of information gathered by the authoritative source of the information. This category has high cost reduction, high value implications based on the elimination of duplicative data gathering. The goal would be to support functions outside the traditional facility management roles, such as first responders.
1,2	Roles Or Disciplines	Roles refer to the players involved in the business process and how the information flows. This is also critical to reducing the cost of data re-collection. Disciplines are often involved in more than one view as either a provider or consumer of information. Our goal is to involve both internal and external roles as both providers and consumers of the same information so that data does not have to be re-created and that the authoritative source is the true provider of the information.
1,2	Change Management	Change Management identifies a methodology used to change business processes that have been developed by an organization. If a business process is found to be flawed or in need of improvement, one institutes a "root cause analysis" of the problem and then adjusts the business process based on that analysis. Since this is related to the following item, business processes it should come after it.
1,3	Business process	The business process defines how business is accomplished. If the data and information is gathered as part of the business process then data gathering is a no cost requirement. If data is gathered as a separate process then the data will likely not be accurate. The goal is to have data both collected and maintained in a real time environment, so as physical changes are made they are reflected for others to access in their portion of the business process.
1,3	Timeliness/ Response	While some information is more static than other information it all changes and up to the minute accuracy may be critical in emergency situations. The closer to accurate real time information you can be the better quality the decisions that are made. Some of those decisions may be life saving in nature.
1,4	Delivery Method	Data delivery is also critical to success. If data is only available on one machine then sharing can not occur other than by email or hard copy. In a structured networked environment if information is centrally stored or accessible then some sharing will occur. If the model is a systems oriented architecture (SOA) in a web enabled environment the nentcentricity will occur and information will be available in a controlled environment to the appropriate players. Information assurance must be engineered into all phases.
1,5	Graphical Information	Often the starting point is a non-graphical environment. The advent of graphics helps paint a clearer picture for all involved. As standards are applied then information can begin to flow as the provider and receiver must have the same standards in place. As 3D images come into play more consumers of the information will have a common view and a higher level of understanding will occur. As time and cost are added then the interfaces can be expanded significantly.
1,6	Spatial Capability	Understanding where something is in space is significant to many information interfaces and the richness of the information. Energy calculations must know where the heat gains will come from, first responders need to know where water supplies and utility cutoffs are located in relation to the facility.
1,7	Information Accuracy	Having a way to ensure that information remains accurate is only possible through some mathematical ground truth capability. Having a mathematical product will also allow for better management by supporting difficult to game metrics. These numbers can be used for occupancy, information collection completeness and overall inventory calculations.
1,8	Interoperability/ IFC Support	Our ultimate goal is to ensure interoperability of information. Getting accurate information to the party requiring the information. There are many ways to achieve this, however the most effective is to use a standards based approach to ensure that information is in a form that it can be shared and products are available that can read that standard for of information.

Рис. 2. Интерактивная модель зрелости BIM (описания категорий экспертных оценок)

Большинство пользователей полагается на информацию как надежную и официальную. Требуется только малая доля дополнительных проверок.

- Уровень 8. *Completely Authoritative Information*. Вся информация имеет метаданные и официальный статус.
- Уровень 9. *Limited Knowledge Management*. Информация частично взаимосвязана, а для управления ею начинают применяться различные стратегии управления знаниями.
- Уровень 10. *Full Knowledge Management*. Вся информация официально доступна в электронном виде, полностью взаимосвязана, а для работы с ней применяются методы управления знаниями.

■ **B. Life-cycle Views** (Вид жизненного цикла, важность 84%). Характеризует, насколько много этапов жизненного цикла покрывается BIM-системой. Данный критерий очень важен, т.к. более высокий уровень характеризует отсутствие дублирования в сборе данных.

- Уровень 1. *No Complete Project Phase*. Собираемые данные не разделяются по этапам жизненного цикла.
- Уровень 2. *Planning & Design*. Выделяются данные только одного этапа жизненного цикла (обычно это этап планирования или проектирования, но может быть и строительство).
- Уровень 3. *Add Construction/Supply*. Данные собираются для двух этапов жизненного цикла (обычно для проектирования и строительства), при этом данные на этих этапах собираются независимо друг от друга.
- Уровень 4. *Includes Construction/Supply*. Добавляется третий этап жизненного цикла (обычно снабжение ресурсами), но обмена данными между этапами по-прежнему нет.
- Уровень 5. *Includes Constr/Supply & Fabrication*. Появляется четвёртый этап жизненного цикла (обычно монтаж конструкций) и появляются элементы обмена данными между этапами жизненного цикла.
- Уровень 6. *Add Limited Operations & Warranty*. Добавляется новый этап жизненного цикла (гарантийное обслуживание) и появляется ясный обмен информацией между этапами от проектирования до строительства.
- Уровень 7. *Includes Operations & Warranty*. Информация, собранная на ранних стадиях, доступна при строительстве и эксплуатации.
- Уровень 8. *Add Financial*. Поддерживается стоимостная модель. Для этого информация о стоимости привязывается к объектам на всех этапах жизненного цикла. Становятся возможны оценки стоимости строительства и эксплуатации здания в течение всего жизненного цикла.
- Уровень 9. *Full Facility Life-cycle Collection*. Поддерживаются все этапы жизненного цикла, и информация полностью передаётся между этапами.
- Уровень 10. *Supports External Efforts*. Внешняя информация привязывается к модели здания, и становится возможным анализ здания в контексте внешней среды в течение всего жизненного цикла.

■ **C. Roles Or Disciplines** (Должностные обязанности, важность 90%). Роли (должностные функции или обязанности) определяют, каким образом люди вовлечены

в бизнес-процессы и как передаётся информация. Данный критерий оценивает отсутствие повторного создания информации, а также того, что источником официальных данных является их реальный создатель.

- Уровень 1. *No Single Role Fully Supported*. Никакие должностные обязанности не поддерживаются BIM-системой.
- Уровень 2. *Only One Role Supported*. Только одна должностная обязанность поддерживается BIM-системой.
- Уровень 3. *Two Roles Partially Supported*. Не менее двух должностных обязанностей поддерживается BIM-системой, однако для их исполнения требуется применение различных программных продуктов на одном рабочем месте.
- Уровень 4. *Two Roles Fully Supported*. Не менее двух должностных обязанностей поддерживается BIM-системой, и для их исполнения не требуется применения различных программных продуктов на одном рабочем месте.
- Уровень 5. *Partial Plan, Design&Constr Supported*. Все должностные обязанности в рамках планирования и проектирования, а также частично и в рамках строительства, полностью поддерживаются, причём в рамках одной программной системы на одном рабочем месте.
- Уровень 6. *Plan, Design & Construction Supported*. Все должностные обязанности в рамках планирования, проектирования и строительства полностью поддерживаются, причём в рамках одной программной системы на одном рабочем месте.
- Уровень 7. *Partial Ops & Sustainment Supported*. Все должностные обязанности в рамках планирования, проектирования и строительства, а также частично и в рамках эксплуатации, полностью поддерживаются, причём в рамках одной программной системы на одном рабочем месте.
- Уровень 8. *Operations & Sustainment Supported*. Все должностные обязанности в рамках планирования, проектирования, строительства и эксплуатации полностью поддерживаются, причём в рамках одной программной системы на одном рабочем месте.
- Уровень 9. *All Facility Life-Cycle Roles Supported*. Все должностные обязанности в рамках всех этапов жизненного цикла полностью поддерживаются, причём в рамках одной программной системы на одном рабочем месте.
- Уровень 10. *Internal and External Roles Supported*. Все контрактные обязанности внешних исполнителей могут быть полностью исполнены только на основе BIM-системы.

■ **D. Change Management** (Управление изменениями, важность 90%). Управление изменениями — это методология для анализа и изменения бизнес-процессов, принятых в организации. Если в результате применения этой методологии обнаруживается, что бизнес-процесс некорректен, возникает необходимость проведения «анализа корневых причин» проблемы, а затем бизнес-процесс перестраивается на основе этого анализа. После перестройки необходимо проведение анализа проведённых изменений.

- Уровень 1. *No CM Capability*. Нет осознания необходимости в процессе управления изменениями.

Tabular BIM Capability Maturity Model											30.05.2006
Maturity Level	A Data Richness	B Life-cycle Views	C Roles Or Disciplines	G Change Management	D Business process	F Timeliness/ Response	E Delivery Method	H Graphical Information	I Spatial Capability	J Information Accuracy	K Interoperability/ IFC Support
1	Basic Core Data	No Complete Project Phase	No Single Role Fully Supported	No CM Capability	Separate Processes Not Integrated	Most Response Info manually re-lected - Slow	Single Point Access No IA	Primarily Text - No Technical Graphics	Not Spatially Located	No Ground Truth	No Interoperability
2	Expanded Data Set	Planning & Design	Only One Role Supported	Aware of CM	Few Bus Processes Collect Info	Most Response Info manually re-lected	Single Point Access w/ Limited IA	2D Non-Intelligent As Designed	Basic Spatial Location	Initial Ground Truth	Forced Interoperability
3	Enhanced Data Set	Add Construction/ Supply	Two Roles Partially Supported	Aware of CM and Root Cause Analysis	Some Bus Process Collect Info	Data Calls Not In BIM But Most Other Data Is	Network Access w/ Basic IA	NCS 2D Non-Intelligent As Designed	Spatially Located	Limited Ground Truth - Int Spaces	Limited Interoperability
4	Data Plus Some Information	Includes Construction/ Supply	Two Roles Fully Supported	Aware CM, RCA and Feedback	Most Bus Processes Collect Info	Limited Response Info Available In BIM	Network Access w/ Full IA	NCS 2D Intelligent As Designed	Located w/ Limited Info Sharing	Full Ground Truth - Int Spaces	Limited Info Transfers Between COTS
5	Data Plus Expanded Information	Includes Constr/Supply & Fabrication	Partial Plan, Design&Constr Supported	Implementing CM	All Business Process(BP) Collect Info	Most Response Info Available In BIM	Limited Web Enabled Services	NCS 2D Intelligent As-Built	Spatially located w/Metadata	Limited Ground Truth - Int & Ext	Most Info Transfers Between COTS
6	Data w/Limited Authoritative Information	Add Limited Operations & Warranty	Plan, Design & Construction Supported	Initial CM process implemented	Few BP Collect & Maintain Info	All Response Info Available In BIM	Full Web Enabled Services	NCS 2D Intelligent And Current	Spatially located w/Full Info Share	Full Ground Truth - Int And Ext	Full Info Transfers Between COTS
7	Data w/ Mostly Authoritative Information	Includes Operations & Warranty	Partial Ops & Sustainment Supported	CM process in place and early implementation	Some BP Collect & Maintain Info	All Response Info From BIM & Timely	Full Web Enabled Services w/IA	3D - Intelligent Graphics	Part of a limited GIS	Limited Comp Areas & Ground Truth	Limited Info Uses IFC's For Interoperability
8	Completely Authoritative Information	Add Financial	Operations & Sustainment Supported	CM and RCA capability implemented	All BP Collect & Maintain Info	Limited Real Time Access From BIM	Web Enabled Services - Secure	3D - Current And Intelligent	Part of a more complete GIS	Full Computed Areas & Ground Truth	Expanded Info Uses IFC's For Interoperability
9	Limited Knowledge Management	Full Facility Life-cycle Collection	All Facility Life-cycle Roles Supported	Business processes are sustained by CM using RCA and Feedback loops	Some BP Collect&Maint In Real Time	Full Real Time Access From BIM	Netcentric SOA Based CAC Access	4D - Add Time	Integrated into a complete GIS	Comp GT w/Limited Metrics	Most Info Uses IFC's For Interoperability
10	Full Knowledge Management	Supports External Efforts	Internal and External Roles Supported	Business processes are routinely sustained by CM, RCA and Feedback loops	All BP Collect&Maint In Real Time	Real Time Access w/ Live Feeds	Netcentric SOA Role Based CAC	nD - Time & Cost	Integrated into GIS w/ Full Info Flow	Computed Ground Truth w/Full Metrics	All Info Uses IFC's For Interoperability

Рис. 3. Интерактивная модель зрелости BIM (названия выставляемых экспертных оценок по категориям)

- Уровень 2. *Aware of CM*. Есть осознание необходимости в управлении изменениями, но процесс не начат.
- Уровень 3. *Aware of CM and Root Cause Analysis*. Есть осознание необходимости в управлении изменениями и проведения «анализа корневых причин».
- Уровень 4. *Aware CM, RCA and Feedback*. Есть осознание необходимости в управлении изменениями, проведения «анализа корневых причин» и анализа проведённых изменений.
- Уровень 5. *Implementing CM*. Реализуется начальная стадия управления изменениями.
- Уровень 6. *Initial CM process implemented*. Реализован процесс анализа бизнес-процессов, но не реализована процедура их изменения.
- Уровень 7. *CM process in place and early implementation of root cause analysis*. Реализован процесс анализа бизнес-процессов, и для некоторых из них проводится «анализ корневых причин».
- Уровень 8. *CM and RCA capability implemented and being used*. Реализованы процесс анализа бизнес-процессов и «анализ корневых причин». Многие участники процесса выполняют данный процесс, но не все одобряют.
- Уровень 9. *Business processes are sustained by CM using RCA and Feedback loops*. Реализованы процесс анализа бизнес-процессов и «анализ корневых причин», однако реакция на проблемы обычно превышает 48 часов.
- Уровень 10. *Business processes are routinely sustained by CM, RCA and Feedback loops*. Реализованы процесс анализа бизнес-процессов и «анализ корневых причин», а реакция на проблемы не превышает 48 часов.
- **E. Business process** (Бизнес-процесс, важность 91%). Определяет, как увязаны бизнес-процессы с обработкой данных. Если данные собираются в рамках бизнес-процесса, то на сбор данных не требуется дополнительных затрат. Если сбор данных является отдельным процессом, то помимо дополнительных затрат данные будут скорее всего неточными. В идеале работа с BIM-данными должна стать частью бизнес-процесса, а изменение данных должно немедленно отражаться для остальных пользователей.
- Уровень 1. *Separate Processes Not Integrated*. Бизнес-процессы не определены и, тем самым, не увязаны с хранением информации в BIM.
- Уровень 2. *Few Bus Processes Collect Info*. Очень мало бизнес-процессов собирают информацию для BIM в организации.
- Уровень 3. *Some Bus Process Collect Info*. Много бизнес-процессов собирают информацию для BIM в организации.
- Уровень 4. *Most Bus Processes Collect Info*. Большая часть бизнес-процессов собирает информацию для BIM в организации.
- Уровень 5. *All Business Process (BP) Collect Info*. Все бизнес-процессы собирают информацию для BIM в организации.

- Уровень 6. *Few BP Collect & Maintain Info*. Все бизнес-процессы собирают информацию для BIM, но очень немногие способны актуализировать её.
- Уровень 7. *Some BP Collect & Maintain Info*. Все бизнес-процессы собирают информацию для BIM, а также многие способны актуализировать её.
- Уровень 8. *All BP Collect & Maintain Info*. Все бизнес-процессы собирают и актуализируют информацию для BIM.
- Уровень 9. *Some BP Collect & Maint In Real Time*. Все бизнес-процессы собирают информацию для BIM, а также многие немедленно актуализируют её.
- Уровень 10. *All BP Collect & Maint In Real Time*. Все бизнес-процессы собирают и немедленно актуализируют информацию для BIM.

■ **F. Timeliness/Response** (Время выполнения запросов, важность 91%). В том время как часть информации является отчасти статической, другая часть может постоянно меняться, и минимальные задержки с её поступлением могут оказаться критическими. Данный критерий оценивает скорость предоставления информации по запросам.

- Уровень 1. *Most Response Info manually re-collected — Slow*. Информация по запросу должна быть собрана вручную, при этом не всегда ясно, где её взять.
- Уровень 2. *Most Response Info manually re-collected*. Информация по запросу должна быть собрана вручную, но есть понимание, где её взять.
- Уровень 3. *Data Calls Not In BIM But Most Other Data Is*. Основная информация в BIM, но часть отсутствует. В результате выполнения повторяющихся запросов информация помещается в BIM.
- Уровень 4. *Limited Response Info Available In BIM*. Многие запросы находят ответы на основе информации в BIM.
- Уровень 5. *Most Response Info Available In BIM*. Большинство запросов находят ответы на основе информации в BIM.
- Уровень 6. *All Response Info Available In BIM*. Практически вся информация для формирования ответов находится в BIM.
- Уровень 7. *All Response Info From BIM & Timely*. Вся информация для ответа на срочные запросы является достоверной и находится в BIM.
- Уровень 8. *Limited Real Time Access From BIM*. Вся информация в BIM доступна немедленно, хотя может и не отражать актуальное состояние объектов.
- Уровень 9. *Full Real Time Access From BIM*. Вся информация для ответа на срочные запросы является достоверной и немедленно доступна в BIM.
- Уровень 10. *Real Time Access w/ Live Feeds*. Вся информация в BIM непрерывно обновляется на основе данных от датчиков. Ответы на запросы поступают немедленно, доступны и точны.

■ **G. Delivery Method** (Метод доступа, важность 92%). Данный критерий позволяет оценить, насколько просто (но безопасно) получить доступ к данным. Идеальные условия для доступа к данным должны быть предоставлены на различных вычислительных устройствах в сетевой среде в архитектуре SOA (Service-Oriented Architecture).

Кроме того, должна быть обеспечена необходимая безопасность доступа к данным.

- Уровень 1. *Single Point Access No IA*. BIM доступен только с одного рабочего места и нет ограничения доступа к данным.
- Уровень 2. *Single Point Access w/Limited IA*. BIM не в сети и имеется контроль доступа к данным.
- Уровень 3. *Network Access w/Basic IA*. BIM развёрнут в сети и установлены базовые ограничения паролями для ввода и получения данных.
- Уровень 4. *Network Access w/Full IA*. BIM развёрнут в сети и установлены ограничения доступа для ввода и получения данных.
- Уровень 5. *Limited Web Enabled Services*. Имеется ограниченный web-доступ к BIM в локальной сети.
- Уровень 6. *Full Web Enabled Services*. Имеется полноценный web-доступ к BIM через интернет с минимальным ограничением доступа к данным.
- Уровень 7. *Full Web Enabled Services w/IA*. Имеется полноценный web-доступ к BIM через интернет с разграничением доступа к данным на основе должностных обязанностей.
- Уровень 8. *Web Enabled Services — Secure*. Имеется полноценный web-доступ к BIM через интернет с надёжным разграничением доступа к данным. Архитектура системы не SOA (сервис-ориентированная).
- Уровень 9. *Netcentric SOA Based CAC Access*. BIM представлен в сетевой среде через сервис в архитектуре SOA. Доступ к данным разграничивается картами доступа CAC (Common-Access Card) с ручной настройкой ролей.
- Уровень 10. *Netcentric SOA Role Based CAC*. BIM представлен в сетевой среде через сервис в архитектуре SOA. Доступ к данным разграничивается ролевыми картами доступа CAC.

■ **H. Graphical Information** (Графическая информация, важность 93%). Данный критерий оценивает эффективность представления графической информации в виде чертежей.

- Уровень 1. *Primarily Text — No Technical Graphics*. Графики в BIM нет, только текст.
- Уровень 2. *2D Non-Intelligent As Designed*. 2D-чертёж хранится в BIM, но без связи с информацией.
- Уровень 3. *NCS 2D Non-Intelligent As Designed*. 2D-чертёж в стандарте NCS (National CAD Standard, США) хранится в BIM, но он не объектный.
- Уровень 4. *NCS 2D Intelligent As Designed*. Объектный 2D-чертёж в стандарте NCS (National CAD Standard, США) хранится в BIM. Отражает проектное состояние здания.
- Уровень 5. *NCS 2D Intelligent As-Built*. Объектный 2D-чертёж в стандарте NCS (National CAD Standard, США) хранится в BIM. Отражает состояние здания на момент постройки.
- Уровень 6. *NCS 2D Intelligent And Current*. Объектный 2D-чертёж в стандарте NCS (National CAD Standard, США) хранится в BIM. Отражает текущее состояние здания.
- Уровень 7. *3D — Intelligent Graphics*. Чертежи являются 3D-объектами.

- Уровень 8. *3D — Current And Intelligent*. Чертежи являются 3D-объектами, отражающими текущее состояние объекта.
- Уровень 9. *4D — Add Time*. Чертежи являются 3D-объектами, для которых можно увидеть состояние как в прошлом, так и планируемое в будущем.
- Уровень 10. *nD — Time & Cost*. Чертежи являются объектами, для которых имеется информация о времени и стоимости.

■ **I. Spatial Capability** (Пространственные возможности, важность 94%). Данный критерий оценивает возможности по интеграции с геоинформационными системами, что открывает для BIM-среды возможности по комплексной оценке зданий и сооружений в контексте обеспеченности инженерными коммуникациями, охраны окружающей среды, энергоэффективности и пр.

- Уровень 1. *Not Spatially Located*. Сооружение пространственно не привязано с помощью GPS или ГИС.
- Уровень 2. *Basic Spatial Location*. Сооружение пространственно привязано с помощью GPS.
- Уровень 3. *Spatially Located*. Сооружение пространственно привязано, но информация в BIM и ГИС взаимно недоступна.
- Уровень 4. *Located w/ Limited Info Sharing*. Сооружение пространственно привязано, а информация в BIM и ГИС частично взаимно недоступна.
- Уровень 5. *Spatially located w/Metadata*. Сооружение пространственно привязано, а информация в BIM и ГИС практически вся взаимно доступна.
- Уровень 6. *Spatially located w/Full Info Share*. Сооружение пространственно привязано, а информация в BIM и ГИС полностью взаимно доступна.
- Уровень 7. *Part of a limited GIS*. BIM частично интегрирован в ГИС.
- Уровень 8. *Part of a more complete GIS*. Информация из BIM ограничено доступна в ГИС.
- Уровень 9. *Integrated into a complete GIS*. Информация из BIM частично доступна в ГИС, включая некоторые метаданные.
- Уровень 10. *Integrated into GIS w/ Full Info Flow*. Информация из BIM полностью доступна в ГИС, включая все метаданные.

■ **J. Information Accuracy** (Информационная точность, важность 95%). Данный критерий определяет, насколько непротиворечива и правильна модель здания, а также насколько устойчива модель при её изменении параметрически или структурно.

- Уровень 1. *No Ground Truth*. Никаких проверок и оценок достоверности данных не выполняется. Данные загружаются непроверенными вручную или автоматически.
- Уровень 2. *Initial Ground Truth*. Присутствуют простейшие проверки корректности данных.
- Уровень 3. *Limited Ground Truth — Int Spaces*. Пространства (внутри здания и вовне) обмеряются электронным способом (размеры, площади, объёмы). Внутренние пространства не сохраняются в качестве отдельного элемента данных.
- Уровень 4. *Full Ground Truth — Int Spaces*. Пространства внутри здания задаются в модели дан-

ных. Вычисляется некоторая внешняя информация о пространствах.

- Уровень 5. *Limited Ground Truth — Int & Ext*. Многие пространства внутри и вне здания, а также его элементы, представлены в электронном виде, в то же время некоторые элементы вводятся вручную.
- Уровень 6. *Full Ground Truth — Int And Ext*. Все пространства внутри здания и вовне представлены в модели данных.
- Уровень 7. *Limited Comp Areas & Ground Truth*. Автоматически вычисляются все внутренние пространства здания, а также некоторые внешние.
- Уровень 8. *Full Computed Areas & Ground Truth*. Все объекты и пространства вычисляются автоматически и уведомляют всех о своих изменениях. Если объект меняет свою форму, то об этом узнают зависимые объекты и пространства, которые также обновляются.
- Уровень 9. *Comp GT w/Limited Metrics*. Все объекты и пространства вычисляются автоматически. Точность и правильность модели частично контролируется вычисляемыми метриками и целевыми показателями.
- Уровень 10. *Computed Ground Truth w/Full Metrics*. Все объекты и пространства вычисляются автоматически. Точность и правильность модели полностью контролируется вычисляемыми метриками и целевыми показателями.

■ **K. Interoperability/IFC Support** (Интероперабельность/Поддержка IFC, важность 96%). Данный критерий определяет возможности обмена информацией без потерь между стандартными приложениями по стандартным протоколам обмена данными.

- Уровень 1. *No Interoperability*. Обмен информацией между программами нет. Данные вводятся независимо в каждую программу.
- Уровень 2. *Forced Interoperability*. Обмен информацией между программами очень ограничен и никак не автоматизирован. Типичный способ обмена данными — копирование и вставка текстовой информации.
- Уровень 3. *Limited Interoperability*. Очень малая часть информации передаётся между программами по закрытым протоколам и форматам обмена данными.
- Уровень 4. *Limited Info Transfers Between COTS*. Часть информации передаётся между коммерческими коробочными продуктами одного производителя по закрытым протоколам и форматам обмена данными.
- Уровень 5. *Most Info Transfers Between COTS*. Большинство информации передаётся между коммерческими коробочными продуктами обычно одного производителя, но не все программы ещё поддерживаются (участвуют в обмене).
- Уровень 6. *Full Info Transfers Between COTS*. Вся информация передаётся между коммерческими коробочными продуктами.
- Уровень 7. *Limited Info Uses IFC's For Interoperability*. Некоторые программные продукты используют стандарты IFC для обмена данными.
- Уровень 8. *Expanded Info Uses IFC's For Interoperability*. Большая часть программных продуктов используют стандарты IFC для обмена данными.
- Уровень 9. *Most Info Uses IFC's For Interoperability*. Большинство программных продуктов используют

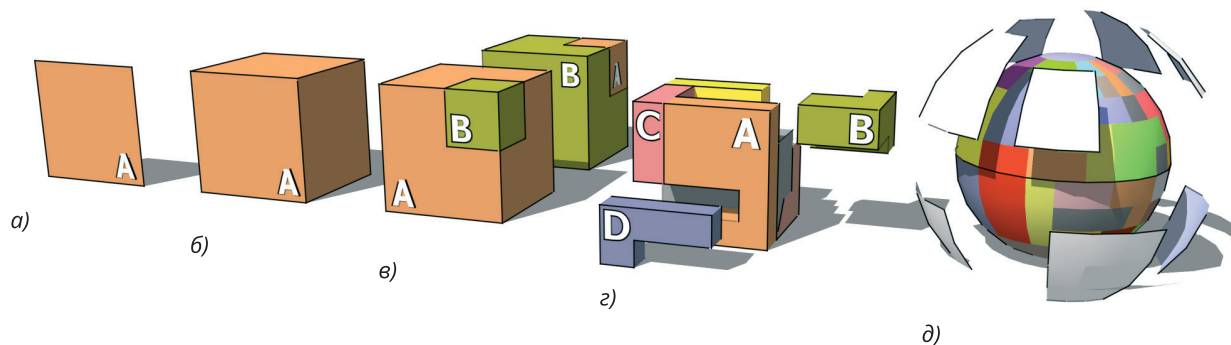


Рис. 4. Стадии развития BIM: а) Pre-BIM, б) BIM Stage 1, в) BIM Stage 2, г) BIM Stage 3, д) IPD

стандарты IFC для обмена данными (доля 70–90% в общем потоке данных).

- Уровень 10. *All Info Uses IFC's For Interoperability*. Все программные продукты используют только стандарты IFC для обмена данными.

В результате оценки каждого критерия экспертом выставляется оценка от 1 до 10, которая затем умножается на весовой коэффициент (важность, представленную в процентах). Сумма весовых коэффициентов всех 11 критериев, представленных в модели, составляет 1000%. Поэтому получаемый итоговый результат лежит в диапазоне от 10 до 100 баллов. В зависимости от этого результата и определяется итоговый уровень зрелости BIM:

1. Уровень зрелости **Minimum BIM** требует не менее 50 баллов с 2009 г. (ранее был переходный период сертификации BIM, когда в 2008 г. требовалось для этого уровня набрать 40 баллов, а в 2007 г. — только 30 баллов).

2. Уровень зрелости **Certified** требует не менее 60 баллов.

3. Уровень зрелости **Silver** требует не менее 70 баллов.

4. Уровень зрелости **Gold** требует не менее 80 баллов.

5. Уровень зрелости **Premium** требует не менее 90 баллов.

Помимо I-CMM в настоящее время в разных стандартах могут использоваться и иные методологии. В частности, отметим достаточно популярную работу [4], где уровни зрелости названы

стадиями развития BIM и представлены следующим образом:

1. **Pre-BIM**. Плоские чертежи (рис. 4а).

2. **BIM Stage 1: modelling**. Моделирование отдельных объектов (рис. 4б). Примерно соответствует уровню зрелости Minimum BIM.

3. **BIM Stage 2: collaboration**. Совместная работа в единой модели (рис. 4в). Примерно соответствует уровню зрелости Silver.

4. **BIM Stage 3: integration**. Сетевая интеграция всех данных (рис. 4г). Примерно соответствует уровню зрелости Premium.

5. **IPD** (иногда **iBIM**). Технология Integrated Project Delivery представляет собой более высокий уровень информационного моделирования

Таблица 1. Экспертная грубая оптимистичная оценка уровня зрелости BIM в России.

Критерий оценки	Вес, %	ОУДХ Росавтодора	ГК Автодор	Территориальные ОУДХ	Проектные организации	Строительные организации	Эксплуатирующие организации
Data Richness	84%	5	6	4	5	1	1
Life-cycle Views	84%	5	6	5	2	2	1
Roles Or Disciplines	90%	4	4	4	3	1	1
Change Management	90%	1	1	1	1	1	1
Business process	91%	3	3	3	4	1	1
Timeliness/ Response	91%	4	5	3	5	2	2
Delivery Method	92%	7	5	4	3	2	2
Graphical Information	93%	7	7	6	7	2	1
Spatial Capability	94%	7	8	6	8	3	1
Information Accuracy	95%	3	3	3	7	1	1
Interoperability/ IFC Support	96%	4	4	3	7	2	1
Итого:		45,49	47,18	38,15	47,83	16,44	11,83

и управления проектами, выходящий за рамки отдельного здания (рис. 4д).

3. Оценка дорожной отрасли России с позиций зрелости BIM

Методология I-CMM достаточно удобна для применения и, по сути,

представляет собой дорожную карту, по которой необходимо двигаться в организациях для достижения высокого уровня зрелости BIM. Каждая организация, которая хочет повысить свою компетентность и уровень конкурентоспособности на рынке, просто должна повышать свои оценки по

каждому из 11 имеющихся в модели критериев.

В то же время методология оценки зрелости BIM I-CMM недостаточно адаптирована для дорожной отрасли. Некоторые критерии существенно связаны на управление зданиями, а не автомобильными дорогами (особенно

Таблица 2. Программные продукты, сертифицированные или проходящие сертификацию консорциумом buildingSMART на возможность интероперабельности между BIM-системами по состоянию на сентябрь 2014 г.

Компания-разработчик	Программный продукт	Требования по обмену данными			Дата получения сертификата	
		Arch ¹	MEP ²	Struct ³	Импорт	Экспорт
4Projects Ltd.	4Projects	+	+	+	В процессе...	-
Aconex BIM Cloud	Aconex	+	+	+	В процессе...	-
Archimen	Active3D	+	+	+	В процессе...	-
Autodesk	Advanced Steel	-	-	+	-	В процессе...
Autodesk	AutoCAD Architecture	+	-	-	В процессе...	В процессе...
Autodesk	AutoCAD MEP	-	+	-	-	В процессе...
Autodesk	Revit Architecture	+	-	-	В процессе...	16.04.2013
Autodesk	Revit MEP	-	+	-	В процессе...	11.07.2013
Autodesk	Revit Structure	-	-	+	В процессе...	16.04.2013
Autodesk	Revit LT	+	-	-	В процессе...	07.07.2014
Bentley Systems	AECOSim Building Designer	+	+	+	В процессе...	В процессе...
Cad-Quality	CADIE Sähäkä	+	+	+	В процессе...	-
DICAD Systeme GmbH	STRAKON	+	+	+	В процессе...	-
Data Design System	DDS-CAD MEP	-	+	-	-	В процессе...
Design Data	SDS/2	-	-	+	В процессе...	В процессе...
Dlupal Software GmbH	RFEM/RSTAB	+	+	+	В процессе...	-
ETU Software GmbH	HottCAD 4	+	+	+	В процессе...	-
FirstInVision	CasCADos / P3cad	+	-	-	В процессе...	В процессе...
Gehry Technologies	Digital Project	+	-	-	В процессе...	В процессе...
Graphisoft	ArchiCAD	+	-	-	20.09.2013	16.04.2013
International Training Institute ITI	Benchmark	-	+	-	-	В процессе...
Kymdata Oy	CADS Planner	-	+	-	-	В процессе...
NEMETSCHek Allplan	Allplan	+	-	-	07.05.2014	16.04.2013
NEMETSCHek BIM+	BIM+	+	+	+	В процессе...	-
NEMETSCHek Vectorworks, Inc.	Vectorworks	+	-	-	11.11.2013	30.05.2013
NEMETSCHek Scia	Scia Engineer	-	-	+	17.09.2013	16.04.2013
Planca S&E GmbH	nova	-	+	-	В процессе...	В процессе...
Progman	MagiCad	-	+	-	-	В процессе...
RIB	Arriba CA3D	+	-	-	-	В процессе...
RIB	RIB iTWO	+	+	+	07.09.2013	-
Seokyoung Systems	NaviTouch	+	+	+	13.01.2014	-
Solibri	Solibri Model Checker	+	+	+	30.10.2013	-
Solideo Systems	ArchiBIM Server	+	+	+	22.04.2014	-
Tekla	Tekla Structures	-	-	+	09.10.2013	12.06.2013
think project!	think project! Collaboration cloud	+	+	+	В процессе...	-
VIZELIA	Facility on line	+	+	+	В процессе...	-

¹ Arch — набор требований по обмену архитектурной информацией о здании.

² MEP — набор требований по обмену информацией об инженерных коммуникациях в здании.

³ Struct — набор требований по обмену конструктивно-прочностной информацией о здании.

3 категории: вид жизненного цикла, информационная точность, интероперабельности). Именно поэтому необходимо разработать собственный набор критериев. Тем не менее, понимая суть этих критериев (иной жизненный цикл для дорог; понятие информационной точности как параметрической согласованности трёхмерной модели дороги; интероперабельность как обмен данными между программами по сложившимся отраслевым стандартам), такие оценки для автомобильных дорог выполнять можно. В связи с этим автором был проведён опрос специалистов в области проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог, которые оценили уровень зрелости BIM в российском дорожном хозяйстве, исходя из опыта работы в своей организации и во взаимодействии с заказчиком. Тем самым была получена следующая очень оптимистичная оценка текущего уровня зрелости технологии BIM в средней отечественной организации (таблица 1). Эксперты пояснили, что отдельные достаточно высокие оценки поставлены Росавтодору и ГК «Автодор» как организациям, успешно внедряющим целый спектр технологий для управления жизненным циклом дороги [1, 5, 6]: ГИС, САПР, лазерное сканирование, проектное управление. Высокие оценки проектных организаций эксперты дали благодаря достаточно высокому уровню используемых САПР автомобильных дорог.

Как видно, все организации не достигают даже уровня Minimum BIM. И это при том, что большинство оценок существенно завышены, так как оценивают работу организации только в рамках её контрактных обязательств, а не всего жизненного цикла автомобильной дороги. В будущем необходимо будет создать формальную методику оценки зрелости BIM в дорожной отрасли России, и тогда можно будет проводить сертификацию организационно-технических процессов в организациях на соответствие BIM автомобильных дорог.

Разрабатываемый в настоящее время «Проект плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства» (во исполнение Протокола №2 заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации

по модернизации экономики и инновационному развитию от 4 марта 2014 г. [7]) является чрезвычайно оптимистичным с точки зрения вводимых контрольных показателей. Например, предполагается, что уже к 2019 г. 75% отечественных компаний, входящих в состав Национального объединения строителей и Национального объединения проектировщиков, будут использовать технологии информационного моделирования, а 50% всех проектов, прошедших государственную экспертизу, будут выполнены в BIM. Кроме того, уже к 2018 г. предполагается снижение на 20% затрат на проектирование объектов и на 35% — на их эксплуатацию.

Если же учитывать, что только с 2018 г. должны начать создаваться проекты на отечественной технологической платформе BIM (5% в 2018 г., 25% в 2019 г.), то это означает, что во многих секторах рынка программно-обеспечения в ближайшее время должно произойти перераспределение рынка в пользу западных программных продуктов. Например, в дорожной отрасли в области САПР сейчас сложилась очень серьёзная конкурентная среда, где не менее половины рынка контролируется отечественными продуктами CREDO Дороги («Кредо-Диалог», Беларусь), Топоматик Robur («Топоматик», Санкт-Петербург), IndorCAD/Road («ИндорСофт», Томск). Отсутствие сертификата BIM приведёт к формализму. Кстати, сертификатов BIM в области дорожного строительства сейчас нет нигде в мире, так как всё ещё не определены предъявляемые требования!

Для понимания этого достаточно взглянуть на таблицу 2, где представлены сертифицированные международным консорциумом buildingSMART программные продукты. Главная разработка этого консорциума — стандарт IFC (Industry Foundation Classes). Самая последняя версия этого стандарта — IFC 4 — была выпущена в марте 2013 г., однако в настоящее время (сентябрь 2014 г.) ни один программный продукт ещё не прошёл сертификацию на соответствие этому стандарту. Как следует из информации на официальном сайте консорциума buildingSMART в настоящее время стандарту IFC 2x3 сертифицированы 13 систем от 8 компаний.

Кроме того, ещё 23 продукта заявлены к сертификации.

В заключение отметим, что есть и ещё более фундаментальные проблемы, мешающие скоропалительному внедрению «Плана...». Дело в том, что отечественная нормативно-техническая база длительное время со времён СССР находилась в застое и не отражает в настоящее время тех многих принципиальных нововведений, которые появились в мире. В первую очередь, это касается вопросов автоматизации и управления проектами. По сути, в мире сменился целый технологический уклад, а мы по-прежнему пишем дорожную нормативную базу для инженеров-проектировщиков, а не для программистов! Эта формулировка приведена не для красного словца — она полностью отражает суть BIM, требующую автоматического принятия управленческих решений не инженером, а компьютером! Это позволяет освободить инженера от огромного количества рутинных операций и дать большую свободу для творчества.

Требование внедрения BIM в дорожной отрасли потребует всеобщей адаптации технической базы. Здесь нельзя действовать сгоряча, и реалистично на это потребуется не менее 10 лет. ■

Литература:

1. Скворцов А.В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 8–11.
2. Yin, R.K. Case study Research, Second Edition. California: Sage Publications. 1994.
3. National Building Information Modelling Standard. National Institute of Building Sciences, buildingSMARTalliance. 2007. 182 P.
4. Succar B. Building Information Modeling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders // Automation in Construction. 2009. Vol. 18 (3). P. 357–375.
5. Бойков В.Н. САПР автодорог — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 6–9.
6. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 1–7.
7. Протокол №2 заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию от 4 марта 2014 г.