جدول 1 تفاصيل مراحل دورة حياة مشروع BIM

المرحلة / LOIN	LOD	أبعاد البيم	المدخلات	المخرجات
1–التمهيدية (بداية المشروع) Pre-Concept مبدئي: LOIN	100	**2D/3D**	-متطلبات الاستراتيجية PIR أهداف المشروع -فقرة متطلبات صاحب العمل (ملف EIR) -فقرة متطلبات المؤسسة المالكة (ملف OIR)	- EIR - Pre-BEP - هيكل CDE - Pre-TIDP: يتضمن تصور مبدئي لمخرجات كل فريق
2 – التصميم الأولي Concept Design مبدئي: LOIN	100	**3D** **4D** **5D مبدئي** **6D اختياري**	-متطلبات العميل، بيانات الموقع -فقرة نماذج أولية (ملف EIR) -فقرة تقييم الجدوى (ملف OIR)	- نموذج تصميم أولي - محاكاة زمنية - تقدير تكلفة - BEP محدث - Pre-MIDP - تقرير طاقة (اختياري)
3– تطوير التصميم Design Development متوسط: LOIN	300–200	**3D** **4D** **5D** **7D** **8D**	-مخرجات المرحلة السابقة -معايير FM -فقرة تنسيق النماذج (ملف EIR) -فقرة بيانات الأصول (ملف OIR)	- نموذج منسق متعدد التخصصات - تقارير التنسيق والتضارب - TIDP نهائي -تخطيط السلامة والمخاطر - مصفوفة بيانات المرافق مع ترميزاتها
4–التصميم التفصيلي (الإضبارة التنفيذية) Detailed Design تفصيلي:LOIN	400–300	**3D** **4D** **5D** **7D:FM** **9D**	-مخرجات المرحلة السابقة -تفاصيل المواد -فقرة الرسومات والنماذج التنفيذية (ملف EIR) -فقرة البيانات اللوجستية والتكاليف (ملف OIR)	- نموذج بيم تنفيذي - رسومات تنفيذية ومواصفات - نماذج لوجستية - MIDP نهائي - محاكاة الزمن وتكلفة المشروع
5–التنفيذ Construction تنفيذي:LOIN	450–400	**As-Built** **4D** **5D** **8D** **D6 اختياري**	نماذج التنفيذ، خطة التنفيذ -فقرة تقارير التقدم (ملف EIR) -فقرة توثيق الجودة (ملف OIR) - فقرة متطلبات تشغيلية مبكرة (ملف AIR)	- تقارير تقدم الأعمال - نموذج محدث أثناء التنفيذ As-Built - سجلات فحص الجودة - توثيق إلكتروني لحالة الموقع عبر CDE
6–التسليم Handover تشغيلي:LOIN	500	**As-Built نهائي** **5D** **7D** **D6 اختياري**	As-Built -بيانات O&M -فقرة ملفات التسليم (ملف EIR) -فقرة بيانات التشغيل (ملف OIR) -فقرة AIM متكامل (ملف AIR)	- (7D (FM Metadata - AIM - دليل و ملفات تشغيل وصيانة المنشأة الرقمي - تسليمات IFC / COBie

المرحلة / LOIN	LOD	أبعاد البيم	المدخلات	المخرجات
7–التشغيل والصيانة & Operations Maintenance تشغيلي متكامل:LOIN	500	**7D** **8D** **10D ,9D** **اختياري**	-AIM -بيانات O&M - IoT -فقرة متطلبات تشغيلية (ملف OIR) -فقرة بيانات تشغيل وصيانة (ملف AIR)	- توأم رقمي / بيئة تشغيل رقمية - محدث و AIM - متكامل مع أنظمة إدارة المرافق - IoT نظام لمراقبة - تقارير أداء وصيانة - نظام صيانة تنبؤية - تكامل CAFM
8 – إعادة الاستخدام Reuse نهاية دورة الحياة: LOIN	500	**6D** **9D** **7D اختياري**	-AIM -بيانات المواد -معايير التفكيك -فقرة سياسات استدامة (ملف OIR) - فقرة أرشفة البيانات (ملف AIR)	- خطة / تقرير تفكيك رقمي - قاعدة بيانات للمكونات القابلة لإعادة الاستخدام مع تقرير صلاحية - نموذج نهاية دورة الحياة مع تقرير لها

2.2 جداول توضيحية داعمة لدورة حياة المشروع مع BIM

الجداول الثلاثة التالية توضيحية لمسؤوليات الأفراد ضمن مشاريع BIM حسب أدوارهم، ومن المسؤول عن المخرجات والمتابعة واتخاذ القرارات لكل مخرج والأدوات التي يمكن استخدامها في كل مرحلة.

جدول 2 توضيح أدوات BIM التي يمكن استخدامها في كل مرحلة من مراحل المشروع

فئة أدوات BIM	الاستخدام الرئيسي	أمثلة عن أشهر الأدوات
أدوات نمذجة BIM BIM Authoring Tools	إنشاء نماذج بيم تتضمن رسومات ثلاثية الأبعاد الغنية بالبيانات لكل تخصص هندسي، وفق متطلبات المشروع.	Tekla ,ArchiCAD ,Autodesk Revit Civil 3D ,Allplan ,Structures
التنسيق والتصادم Coordination & Clash	دمج النماذج متعددة التخصصات والتحقق من التعارضات لضمان التكامل المكاني والمعلوماتي	Revizto ,Solibri ,Navisworks, BIMcollab
بيئة البيانات المشتركة CDE (Common Data Env.)	إدارة وحوكمة تبادل المعلومات والملفات بين فرق المشروع ضمن منصة مركزية آمنة	Autodesk Construction Cloud, BIM360 ,Bentley ProjectWise Dalux ,Plannerly ,Trimble Connect
التخطيط الزمني 4D Planning	ربط النماذج بجداول التنفيذ الزمنية لتحليل التسلسل المرحلي للمشروع وتحسين إدارة الموارد	BEXEL ,Navisworks ,Synchro 4D Manager
الكميات والتكلفة 5D/QTO & Cost	الاستخراج الديناميكي للكميات من ملفات البيم وربطها بالتكلفة لدعم التقديرات المالية ومراقبة الميزانية	Navisworks, RIB iTWO ,CostX, MD Desite ,BEXEL Manager
تدقيق النماذج Model Checking	فحص جودة النماذج ومدى التزامها بالمعايير والأكواد ومتطلبات LOD/LOIN	BIMCollab ZOOM ,Solibri, SimpleBIM
التحسس الواقعي Reality Capture	تحويل من المسح ليزري/تصوير ثلاثي الأبعاد لتكوين نماذج رقمية مطابقة للواقع	SCENE ,Autodesk ReCap
نظم المعلومات الجغرافية GIS & Infra	ربط النماذج الجغرافية بالموقع وتحليل البيانات المكانية والبنية التحتية	InfraWorks ,QGIS ,ArcGIS
أنظمة ميكانيكية وكهربائية والطاقة MEP & Energy	تصميم وتحليل الأنظمة الميكانيكية والكهربائية والطاقية لضمان الكفاءة والتكامل	TRACE 3D ,IES VE ,Revit MEP DesignBuilder ,Plus
إدارة المرافق FM/Asset 7D	استخدام بيانات BIMفي إدارة الأصول والمرافق بعد التسليم وتحسين دورة حياة المبنى	IBM Maximo ,Planon ,Archibus, EcoDomus
أنظمة مكافحة الحريق Fire Protection (MEP)	تصميم وتحليل أنظمة الحماية من الحريق والإنذار وفق معايير السلامة وربطها بنماذج MEP	MagicCAD for Revit (Fire Sprinkler), Revit MEP (Firefighting Families), DDS-CAD
التحليل الإنشائي والزلزالي Structural & Seismic Analysis	تحليل الأداء الإنشائي والديناميكي للمباني والجسور وفق الأحمال والظروف الزلزالية وربطه مع نماذج Revit أو بيئات BIM	ETABS ,Robot Structural Analysis, MIDAS ,SAP2000
الاستدامة والمباني الخضراء Sustainability & Green Building	تقييم الأداء البيئي للمباني وتحليل استهلاك الطاقة والانبعاثات وتقييم دورة الحياة (LCA)، حساب البصمة الكربونية، دعم شهادات LEED وBREEAM	Sefaira ,Insight 360 ,Ladybug tools, One Click LCA ,DesignBuilder, EcoDesigner
التوأم الرقمي وإنترنت الأشياء DigitalTwin & IoT Integration	ربط النموذج الرقمي بالبيانات الحية من أجهزة الاستشعار (IoT) لمراقبة المبنى أثناء التشغيل	Azure Digital ,Siemens Navigator Autodesk ,EcoDomus ,Twins Tandem
البنية التحتية والنقل BIM for Infrastructure & Transportation	نمذجة وتصميم مشاريع الطرق والجسور وشبكات النقل والمرافق العامة ضمن بيئة BIM	OpenRoads Designer ,Civil 3D, InfraWorks ,Rail Track BIM tools
إدارة الموقع والعمليات الميدانية Construction Site & Field Management	تتبع التقدم الميداني وإدارة العمليات اليومية وضبط الجودة والسلامة في الموقع	BIM 360 Field ,Autodesk Build, Fieldwire
التحويل للنماذج والتصميم التوليدي Scan-to-BIM & Generative Design	تحويل المسح الرقمي إلى نماذج BIM أو توليد حلول تصميمية تلقائية عبر الذكاء الاصطناعي	Grasshopper ,ReCap Pro, Rhino.Inside Revit. ,Dynamo

جدول 3 توضيح المسؤوليات والأدوار في مراحل المشروع

جدول 2.3- توضيح المسؤوليات والأدوار في مراحل المشروع

رقم المرحلة	المرحلة	المالك	مدير BIM	منسق BIM	منفذ BIM	المصممون	الاستشاريون	المقاول	فريق FM	خبراء متخصصون
1	التهيئية	D, A, P	R, C	C	I	I	C	I	I	C
2	تصميم الأولي	D, I	R, C	C	A	A, P	C	I	I	C (طاقة)
3	تطوير التصميم	D, I	C	R, C	A	A, P	C	C	I	C (FM)
4	التصميم التفصيلي	D, I	C	R, C	A	A, P	C	C	I	C
5	التنفيذ	D, I	C	R, C	A	I	R, C	A, P	I	C (استدامة)
6	التسليم	D	R, C	C	A	I	C	A, P	R, C	C (استدامة)
7	التشغيل والصيانة	D	R, C	C	I	I	C	I	A, R, P	C (IoT/AI)
8	إعادة الاستخدام	D	C	C	I	I	C	A	A, R, P	R استدامة/تدوير

RACI-P-D Matrix

منفذ الفعلي للمهمة (الذي يقوم بها) = **R** (Responsible)

المسؤول عن متابعة التنفيذ ونجاح المهمة. وله صلاحية الموافقة عليها. يُعيَّن شخص واحد فقط مسؤول عن كل مهمة = **A** (Accountable)

يتم إطلاعه فقط = **I** (Informed) || يُستشار ويُشارك بخبرته = **C** (Consulted)

من يملك سلطة اعتماد أو رفض النتيجة = صاحب القرار النهائي **D** (Decision Maker) || مسؤول عن تقديم المدخلات للمرحلة = **P** (Provider)

جدول4 توضيح المسؤوليات والأدوار لمخرجات كل مرحلة من مراحل المشروع

جدول 2.4- توضيح المسؤوليات والأدوار لمخرجات كل مرحلة من مراحل المشروع

المرحلة	المخرج \ الدور	المالك	مدير BIM	منسق BIM	منمذج BIM	المصممون	الاستشاريون	المقاول	فريق FM	خبراء متخصصون
1	(متطلبات تبادل المعلومات) EIR	A/D	R	C	I	C	C	I	I	C
1	(متطلبات المؤسسة المالكة) OIR	A/D	R	C	I	I	C	I	C	C
1	Pre-BEP	D	A	R	C	C	C	I	I	C
1	CDE Structure أولي	D	A	R	C	I	C	I	I	C
1	TIDP أولي	P	A	R	C	C	C	I	I	C
2	Dنموذج تصميم أولي 3	I	C	A	R	R	C	I	I	C
2	BEP محدث	D	A	R	C	C	C	I	I	C
2	MIDP أولي	P	A	R	C	C	C	I	I	C
2	Dمحاكاة زمنية أولية (4	I	C	A	R	C	C	I	I	C
2	Dتقدير تكلفة أولي (5	I	C	A	R	C	C	I	I	C
3	نموذج منسق متعدد التخصصات	I	A	R	C	C	C	C	I	C
3	تقارير التنسيق والتضارب	I	A	R	C	C	C	I	I	C
3	TIDP نهائي	P	A	R	C	C	C	I	I	C
3	تخطيط السلامة والمخاطر	I	C	C	C	R	A	D	I	C
3	مصفوفة بيانات المرافق مع ترميز انتهاها	P	A	R	C	I	I	I	C/D	C

RACI-P-D Matrix

منفذ الفعلي للمهمة (الذي يقوم بها) = **R** (Responsible)

المسؤول عن متابعة التنفيذ ونجاح المهمة. وله صلاحية الموافقة عليها. يُعيَّن شخص واحد فقط مسؤول عن كل مهمة = **A** (Accountable)

يتم إطلاعه فقط = **I** || يُستشار ويُشارك بخبرته = **C** (Consulted)

من يملك سلطة اعتماد أو رفض النتيجة = صاحب القرار النهائي **D** (Decision Maker) || مسؤول عن تقديم المدخلات للمرحلة = **P** (Provider)

RACI-P-D Matrix

منفذ الفعلي للمهمة (الذي يقوم بها) = R (Responsible)
المسؤول عن متابعة التنفيذ ونجاح المهمة. وله صلاحية الموافقة عليها. يُعيَّن شخص واحد فقط مسؤول عن كل مهمة = **A** (Accountable)
يتم إطلاعه فقط = **I** (Informed) || يُستشار ويُشارك بخبرته = **C** (Consulted)
من يملك سلطة اعتماد أو رفض النتيجة = صاحب القرار النهائي **D** (Decision Maker) || مسؤول عن تقديم المدخلات للمرحلة = **P** (Provider)

المرحلة	المخرج \ الدور	المالك	مدير BIM	منسق BIM	منفذ BIM	المصممون	الاستشاريون	المقاول	فريق FM	خبراء متخصصون
4	نماذج LOD 300-400	I	A	R	R	R	C	D	I	C
4	رسومات تنفيذية	I	C	A	R	R	C	R/D	I	C
4	جداول زمنية تفصيلية (D4)	I	C	A	R	C	C	R/D	I	C
4	تقدير تكلفة متكامل (D5)	I	C	A	R	C	C	R/D	I	C
5	نموذج As-Built	I	C	A	C	C	C	R/D	C	C
5	تحديث CDE	P	A	R	C	I	C	I	I	C
5	إدارة الجودة	D	A	R	C	C	C	R	C	C
6	نموذج معلومات الأصول AIM	P	A	R	C	I	I	I	R/D	C
6	بيانات COBie / IFC	P	A	R	R	C	I	I	D	C
6	Metadata تشغيلية	P	A	R	I	I	I	I	R/D	C
7	AIM محدث	P	A	R	I	I	I	I	R/D	C
7	تكامل مع CAFM	P	A	R	I	I	I	I	R/D	C
7	ربط IoT	P	A	R	I	I	I	I	R/D	C
8	خطة تفكيك رقمية	P	C	A	C	C	I	R	C	D/R
8	قاعدة بيانات مواد قابلة لإعادة الاستخدام	P	C	A	C	C	I	R	C	D/R
8	تقرير LCA (تقييم دورة الحياة)	I	C	A	C	C	I	I	C	R/D

جدول 2.4- توضيح المسؤوليات والأدوار لمخرجات كل مرحلة من مراحل المشروع