



شهر محاسبه‌پذیر

تاریخچه‌ها، فناوری‌ها، روایت‌ها و پیش‌بینی‌ها

مؤلف:

مایکل بتی

ترجمه و افزوده‌ها:

فرشاد شریعت پور

پژوهشگر دکترای شهرسازی، دانشگاه هنر ایران

امیر شکیبامنش

دانشیار گروه طراحی شهری، دانشگاه هنر ایران

مرتضی رهبر

استادیار گروه معماری، دانشگاه علم و صنعت ایران

پاییز ۱۴۰۴

سرشناسه	بتی، مایکل، ۱۹۴۵ – م Batty, Michael-1945
عنوان و نام پدیدآور	شهر محاسبه‌پذیر: تاریخچه‌ها، فناوری‌ها، روایت‌ها و پیش‌بینی‌ها / مؤلف: مایکل بتی / ترجمه و افزوده‌ها: فرشاد شریعت پور، امیر شکیبامنش، مرتضی رهبر. تهران: دانشگاه هنر ایران، ۱۴۰۴.
مشخصات نشر	۶۲۲ ص: مصور، قطع وزیری
مشخصات ظاهری	۹۷۸-۶۲۲-۱۴۲۷-۰۱-۷
شابک	فیپا
وضعیت فهرست‌نویسی	عنوان اصلی: The Computable City: Histories, Technologies, Stories, Predictions, 2024
یادداشت	شهرهای هوشمند
موضوع	Smart cities
شناسه افزوده	شریعت پور، فرشاد، ۱۳۷۲-، مترجم
شناسه افزوده	شکیبامنش، امیر، ۱۳۶۳-، مترجم
شناسه افزوده	رهبر، مرتضی، ۱۳۶۳-، مترجم
شناسه افزوده	دانشگاه هنر ایران
رده‌بندی کنگره	TD۱۵۹/۴
رده‌بندی دیویی	۳۰۷/۱۴۱۶
شماره کتاب‌شناسی ملی	۱۰۳۰۹۰۸۲

عنوان کتاب	شهر محاسبه‌پذیر: تاریخچه‌ها، فناوری‌ها، روایت‌ها و پیش‌بینی‌ها
مؤلف	مایکل بتی
ترجمه و افزوده‌ها	فرشاد شریعت پور، امیر شکیبامنش، مرتضی رهبر
صفحه‌آرا و ویراستار	علیرضا شریعت پور
طراح و ایده‌پرداز جلد	امیرحسین بهرامی‌نیا
ناشر	اداره انتشارات دانشگاه هنر ایران
تاریخ نشر	۱۴۰۴
قیمت	۴۲۰۰۰۰۰ ریال
شمارگان	۱۰۰
نوبت چاپ	اول



نشانی: تهران، خیابان سرهنگ سخایی، بین تقاطع سی تیر و فردوسی، شماره ۵۸
دانشگاه هنر ایران، تلفن: ۶۶۷۲۵۶۸۲
artunipub@art.ac.ir
کلیه حقوق برای دانشگاه هنر ایران محفوظ است.

آینده باز است. آینده از پیش تعیین نشده است و بنابراین قابل پیش‌بینی نیست—مگر به صورت تصادفی. امکاناتی که در آینده وجود دارند، بی‌پایان و بی‌نهایت‌اند.
— کارل پوپر^۱ (۱۹۹۵)

اسطوره چارچوب، انتشارات راتلج، لندن^۲

^۱ Karl Popper

^۲ The Myth of the Framework, Routledge, London

فهرست مطالب

الف

فهرست مطالب

پ	مقدمه مترجمان
ث	پیش‌گفتار نویسندگان
ذ	مقدمه

۱	فصل ۱: فناوری غیرقابل پیش‌بینی
---	--------------------------------

۲۷	بخش اول: کامپیوترها و اطلاعات
----	-------------------------------

۲۹	فصل ۲: مایل اطلاعات
----	---------------------

۵۹	فصل ۳: میراث تورینگ
----	---------------------

۹۱	فصل ۴: انقلاب کامپیوترهای شخصی
----	--------------------------------

۱۲۵	فصل ۵: شبکه‌ها: آخرین قطعه پازل
-----	---------------------------------

۱۵۷	بخش دوم: شهرها و شهرنشینی
-----	---------------------------

۱۵۹	فصل ۶: مدل استاندارد
-----	----------------------

۱۸۵	فصل ۷: مرگ فاصله
-----	------------------

۲۱۷	فصل ۸: ساخت فضای سایبری
-----	-------------------------

۲۴۵	فصل ۹: شهرهای با فرکانس بالا و پایین
-----	--------------------------------------

۲۸۷	بخش سوم: مدل‌ها و محاسبات
-----	---------------------------

۲۸۹	فصل ۱۰: شبیه‌سازی، مدل‌سازی و پیش‌بینی
-----	--

۳۲۳	فصل ۱۱: ترسیم، نقشه‌برداری و نگاره‌ی شهر
-----	--

فصل ۱۲: کلان داده ها و تحلیل های شهری ۳۵۹

فصل ۱۳: شهرهای دیجیتال و واقعیت های مجازی ۳۹۵

بخش چهارم: برنامه ریزی و سازمان دهی ۴۳۱

فصل ۱۴: همگرایی فناوری ۴۳۳

فصل ۱۵: جهش فناوری قرن بیست و یکم ۴۵۷

فصل ۱۶: سازمان دهی شهرهای هوشمند ۴۸۵

فصل ۱۷: شهر غیرقابل پیش بینی ۵۱۹

منابع ۵۴۳

واژه نامه ۵۹۷

مقدمه مترجمان

«وَنَفَخْتُ فِيهِ مِنْ رُوحِي»

سپاس بی‌پایان خدای را که روح دانایی را در وجود انسان دمید و او را به اندیشیدن، خلق کردن و درک رمزهای نهفته در جهان هستی توانمند ساخت. هر کوششی که از سرِ فهم و صداقت آغاز شود، حتی اگر با دشواری‌های بسیار روبه‌رو گردد، به یاری همان روح الهی به ثمر می‌نشیند. ترجمه‌ی این کتاب نه صرفاً یک کار علمی، بلکه سفری درونی بود؛ سفری میان داده و معنا، میان عدد و زندگی.

تو ز چشم خویش پنهانی، اگر پیدا شوی
در میان جان تو، گنجی نهان آید پدید

تو طلسم گنج جانی، گر طلسمت بشکنی
ز اژدها هرگز نترسی، گنج جان آید پدید

کتاب «شهر محاسبه‌پذیر: تاریخچه‌ها، فناوری‌ها، روایت‌ها و پیش‌بینی‌ها» برای ما تنها روایت تحول شهرها در عصر دیجیتال نیست، بلکه روایتی از نسبت انسان با دانایی، فناوری و سرنوشت خویش است. همان‌گونه که شهر در طول تاریخ از فرم‌های مادی به شبکه‌های داده تبدیل شد، فهم انسان نیز از توصیف فیزیکی به تبیین محاسباتی رسیده است. در هر سطر این کتاب، می‌توان پژواک پرسشی بنیادین را شنید: آیا ما در حال طراحی شهرها هستیم، یا این شهرها هستند که به تدریج شیوه‌ی زیستن و اندیشیدن ما را طراحی می‌کنند؟

انجام این ترجمه، همانند قدم‌زدن در میان لایه‌های یک شهر زنده بود؛ شهری که از آجر و بتن ساخته نشده، بلکه از داده، الگوریتم و معنا شکل گرفته است. باور داریم که آینده‌ی شهر نه در مصالح ساختمانی، بلکه در شیوه‌ی فهم رابطه‌ی میان انسان و ماشین نهفته است.

ترجمه‌ی این اثر، تلاشی بود برای پیوند دادن زبان علم و زبان جان؛ برای آنکه درک کنیم «محاسبه» اگر از روح انسان تهی شود، دیگر «فهم» نیست، بلکه تنها تکرار بی‌جان اعداد است. این کتاب را به همه‌ی پژوهشگران و اندیشمندانی از کشور عزیزمان ایران تقدیم می‌کنیم که به شهر نه‌تنها به‌عنوان یک مکان، بلکه به‌مثابه‌ی یک موجود زنده می‌نگرند؛ به آنان که در پی کشف منطق پنهان در زیر سطح داده‌ها هستند و می‌خواهند میان فناوری و معنا، پلی از انسانیت بنا کنند.

از همه‌ی آنانی که در سایه سکوت و ایمان، همراه این مسیر بودند، سپاسگزاریم. هر واژه‌ی این ترجمه، مدیون حضور و محبت آنان است. این کار را تقدیم می‌کنیم به آنکه سرچشمه‌ی هر الهام است؛ آنکه اگرچه از دیده پنهان، اما در هر واژه و هر اندیشه، حاضر است...

با احترام

فرشاد شریعت پور - امیر شکیبامنش - مرتضی رهبر

تهران - اسفندماه ۱۴۰۳

پیش‌گفتار نویسنده

به نخستین روزهای محاسبات دیجیتال^۱ بازگردید؛ زمانی که مهندسان برق، فیزیک‌دانان و ریاضی‌دانان با محیط‌های پیچیده‌ای سروکار داشتند و در آن دستگاه‌های سوئیچینگ الکتریکی^۲ طراحی می‌کردند. هم‌زمان به حل مسائلی می‌پرداختند که در نهایت می‌توانستند به‌صورت دنباله‌هایی از صفر و یک نمایش داده شوند. با توسعه‌ی این محیط‌ها، کسانی که این دستگاه‌ها را می‌ساختند و راه‌اندازی می‌کردند، به‌سرعت از کاربرانشان جدا شدند؛ کاربرانی که بیشتر وقت خود را صرف نوشتن برنامه‌هایی می‌کردند که تنها از طریق این کامپیوترها می‌توانستند مسئله‌ای را حل کرده یا پیش‌بینی‌هایی ارائه دهند. کاربران داده‌ها و برنامه‌های خود را به‌صورت فیزیکی به ماشین منتقل می‌کردند و گاهی ساعت‌ها یا حتی روزها برای دریافت خروجی محاسباتشان منتظر می‌ماندند.

فرض بر این بود که کامپیوترها عمدتاً برای شبیه‌سازی مدل‌هایی به‌کار می‌روند که از پدیده‌های واقعی در نظام‌های پیچیده انتزاع شده‌اند. ایده‌ی این‌که خود کامپیوترها بتوانند همان نظام‌هایی باشند که در حال شبیه‌سازی آن‌ها هستند، در ابتدا دور از ذهن به نظر می‌رسید. در زمینه‌ی شهرها نیز، تصور این‌که چیزی که شبیه‌سازی می‌کنیم در نهایت بتواند از کامپیوترها ساخته شده باشد، فراتر از باور بود. اما در واقع، همین ایده از همان آغاز در ذهن یکی از پیشگامان محاسبات دیجیتال، آلن تورینگ^۳، شکل گرفت. او نخستین کسی بود که از کامپیوتر برای نمایش مفهوم محاسبه استفاده کرد. در دهه‌ی ۱۹۶۰، زمانی که من به‌عنوان دانشجوی کارشناسی‌ارشد وارد دنیای کامپیوتر شدم، هنوز نشانه‌هایی از همان اندیشه در فضای علمی آن دوران وجود داشت.

با گذشت زمان و کوچک‌تر و سریع‌تر شدن کامپیوترها با شتابی نمایی، این اندیشه شکل گرفت که آن‌ها می‌توانند از محیط‌های بسته‌ی خود فراتر رفته و وارد بسترهای گسترده‌تری

^۱ Digital Computing

^۲ Electrical Switching

^۳ Alan Turing

چون شهر شوند. با این حال، حتی تا دهه‌ی ۱۹۸۰ – هنگامی که کامپیوترهای شخصی رواج یافتند – و دهه‌ی ۱۹۹۰ – زمانی که اینترنت جایگاه خود را تثبیت کرد – هنوز تردیدهایی وجود داشت. بسیاری نمی‌پذیرفتند که خودِ شهر بتواند نوعی کامپیوتر تلقی شود؛ هرچند مدت‌ها بود که از کامپیوتر به‌عنوان «ماشین جهانی»^۱ یاد می‌شد.

اختراع گوشی هوشمند بود که مفهوم اتصال جهانی^۲ و محاسبات جهانی^۳ را به واقعیت نزدیک کرد. اگر اکنون تعداد کامپیوترها و حجم داده‌های مبادله‌شده را بسنجیم، درمی‌یابیم که شهرهای امروز از انبوهی پردازنده و سامانه‌ی دیجیتال تشکیل شده‌اند. مسیر ما از تحلیل فرم و عملکرد شهر با مدل‌های کامپیوتری تا پذیرش این ایده که فرم و عملکرد شهر خود می‌تواند حاصل تعامل بی‌شمار کامپیوتر باشد – تقریباً به تعداد جمعیت شهر – مسیری طولانی اما پیوسته بوده است. به این ترتیب، می‌توان گفت شهر محاسبه‌پذیر است؛ نه صرفاً به‌معنای یک شعار تبلیغاتی برای «شهر هوشمند»^۴، بلکه پارادوکسی واقعی است: ما با همان ماشین‌هایی شبیه‌سازی می‌کنیم که خودِ اجزای همان نظام مورد شبیه‌سازی هستند. این چرخه‌ی بازگشتی، بنیان مفهومی است که تاریخ شکل‌گیری نظام‌های مورد بحث در کتاب حاضر را رقم می‌زند.

شهر محاسبه‌پذیر در دهه ۱۹۵۰ آغاز شد؛ با نخستین مدل‌های مرتبط با کاربری زمین و حمل‌ونقل در شهرهای بزرگ آمریکا مانند شیکاگو و دیترویت، و سیستم‌های داده‌ی شهری^۵ در مکان‌هایی مانند کاونتری در بریتانیا^۶. این مدل‌های کامپیوتری به تدریج گسترش یافتند و بر نظریه‌های ابتدایی‌ای استوار بودند که فیزیک اجتماعی^۷، اقتصاد شهری و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل را در چارچوبی یکپارچه پیوند می‌دادند. این همان جهانی بود که من کار خود را در آن آغاز کردم و آموختم چگونه می‌توان از این مدل‌ها برای تحلیل و پیش‌بینی استفاده کرد. پژوهش و توسعه در این زمینه اکنون به نقطه‌ای رسیده است که بسیاری از نوآوری‌های نوین در علم شهری به غنای این نوع درک کمک می‌کنند، اما به‌ناچار ریشه در همان مدل‌های اولیه

^۱ Universal Machine

^۲ Global Connection

^۳ Universal Computation

^۴ Smart City

^۵ Urban Data Systems

^۶ Coventry, UK

^۷ Social Physics

دارند. بسیاری از این پژوهش‌های اولیه بر آنچه ما «شهر با فرکانس پایین^۱» می‌نامیم متمرکز بودند؛ جایی که تمرکز اصلی بر چگونگی تغییر شهرها در گذر سال‌ها و دهه‌هاست. آنچه در طول هزاره برجسته شده، «شهر با فرکانس بالا^۲» است؛ نتیجه‌ی مستقیم کوچک‌سازی کامپیوترها به دستگاه‌های فردی، جاسازی آن‌ها در ساختارهای محیطی و تمرکز بر داده‌هایی که در لحظه^۳ جریان دارند*. در کنار هم، شهرهای با فرکانس پایین و بالا* غنای مفهومی آنچه را «شهر محاسبه‌پذیر» می‌نامیم، تعریف می‌کنند.

موضوع محوری دیگری که در این کتاب بررسی می‌شود، بر پایه‌ی این اندیشه است که انقلاب‌های فناورانه از نخستین انقلاب تاکنون، ذاتاً غیرقابل‌پیش‌بینی بوده‌اند. همین ویژگی، دانش ما درباره‌ی شهرها را از علوم غیرانسانی^۴ متمایز می‌کند. در حالی که فناوری‌های تازه در طول ۲۵۰ سال گذشته پی‌درپی پدید آمده‌اند، خود شهر نیز به‌مراتب پیچیده‌تر شده است. این روند بازتابی از ناتوانی نظریه‌های شهری در همگام شدن با شتاب فزاینده‌ی این پیچیدگی است؛ با وجود کوشش‌های مداوم برای ساخت نظریه‌هایی نیرومند در دنیایی شهری که پیوسته در حال تغییر است.

غیرقابل‌پیش‌بینی بودن امروز اهمیت بیشتری یافته است، زیرا هرچه بیشتر درباره‌ی دنیای مدرن می‌آموزیم، بیشتر درمی‌یابیم که گونه‌های گوناگونی از علوم شهری و مدل‌های شهری وجود دارند که برای درک مشکلات شهرها ضروری‌اند. با این که بخش‌هایی از آینده همواره مبهم و ناشناخته می‌ماند، ما کاملاً در تاریکی فرو نرفته‌ایم؛ می‌توانیم بخشی از این ابهام را کاهش دهیم. با این حال، این کوشش همچنان چالشی پایدار است. مدل‌های ما از شهر هرچند محدودند، اما مبنایی اولیه برای شناخت فراهم می‌کنند؛ و تکامل نظریه‌های شهری، حداقل چارچوبی معتبر برای اندیشیدن درباره‌ی آینده‌ی آن‌ها به‌دست می‌دهد.

¹ Low-Frequency City

² High-Frequency City

³ Real-Time

* به داده‌ها یا فرآیندهایی اشاره دارد که هم‌زمان با وقوع پدیده ثبت یا تحلیل می‌شوند (مترجمان).

* این استعاره به میزان تغییرپذیری و سرعت داده‌ها در سامانه‌های شهری اشاره دارد؛ شهر با فرکانس پایین به تغییرات بلندمدت (دهه‌ای) و شهر با فرکانس بالا به تغییرات سریع و لحظه‌ای اشاره دارد (مترجمان).

⁴ Nonhuman Sciences

کتاب پیش‌رو را با این امید نوشته‌ام که برای طیف گسترده‌ای از مخاطبان، نه تنها شهرسازان، برنامه‌ریزان و مهندسان، بلکه همچنین برای کسانی که به تکامل فناوری‌ها، توسعه نظریه‌ها، مدل‌ها و محاسبات در سیستم‌هایی با درجه بالایی از پیچیدگی و غیرقابل پیش‌بینی بودن علاقه‌مند هستند، قابل دسترسی و مفید باشد. امیدوارم استدلال‌های من بتوانند بینش‌هایی در مورد چگونگی غنی‌سازی سیستم‌ها از طریق دیدگاه‌های علوم اجتماعی ارائه دهند، به‌ویژه در مواردی که فناوری‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، به‌خصوص در حوزه ارتباطات، نقشی مرکزی در عملکرد این سیستم‌ها ایفا می‌کنند.

باید از تعدادی از همکارانم که در موضوعات مختلف این کتاب به من کمک کردند تشکر کنم. برای من، همه‌چیز در منچستر آغاز شد، جایی که من به عنوان یک برنامه‌ریز شهری و طراح شهری آموزش دیدم. جورج چادویک^۱ و برایان مک‌لاولین^۲، مربیان اولیه‌ام در آن روزهای دور، مرا در مسیر شهر محاسبه‌پذیر قرار دادند و با ایده‌هایی آشنا کردند که منجر به کامپیوترها، نظریه سیستم‌ها^۳، مدل‌ها و علم پیچیدگی^۴ شد، با این حال، تردید دارم که اکنون آن‌ها بتوانند محتوای این کتاب را با آنچه در ابتدا تصور می‌کردند، تطبیق دهند. دیو فوت به من درباره کامپیوترها و برنامه‌نویسی (در اطلس اتوکد^۵) در منچستر و سپس در ریدینگ^۶ آموزش داد، در حالی که پیتروال^۷، که همیشه تأثیرگذار بود، اشتیاق خود را برای مدل‌سازی شهری که در ریدینگ ترویج می‌کرد تقویت کرد و به کمک او، کاسا (مرکز تحلیل فضایی پیشرفته)^۸ را در کالج دانشگاهی لندن (یو.سی.ال.)^۹ راه‌اندازی کردم. آلن ویلسون^{۱۰} از زمانی که اولین بار در ۱۹۶۹ با او ملاقات کردم، همچنان یکی از مدافعان بزرگ حوزه ما باقی مانده است، در حالی که پاول لانگلی^{۱۱}، همکارم از روزهای کاردیف^{۱۲} و اکنون در یو.سی.ال.، با شکاکیت سالمی که

¹ George Chadwick

² Brian McLaughlin

³ Systems Theory

⁴ Complexity Science

⁵ Atlas Autocode

⁶ Reading

⁷ Peter Hall

⁸ The Center of Advanced Spatial Analysis (CASA)

⁹ University College London (UCL)

¹⁰ Alan Wilson

¹¹ Paul Longley

¹² Cardiff

در هر پژوهشی ضروری است، از جستجوها و تلاش‌های من حمایت می‌کند. این شکاکیت یادآوری می‌کند که همیشه جای بهبود در هر کاری که انجام می‌دهیم وجود دارد. در طول پنج سال اقامتم در ایالات متحده، هلن کوکلیس^۱ از یوسی سانتا باربارا همیشه دیدگاه‌های مختلفی در مورد چگونگی استفاده از مدل‌های کامپیوتری در ابعاد مختلف مرتبط با شهرها به من ارائه می‌داد. مایک ولدنبرگ^۲ از دانشگاه سانی بوفالو^۳ منبع الهام دائمی من در زمینه مقیاس‌گذاری، مورفولوژی و پیچیدگی بوده است. ایده‌ها و بینش‌های او در طول سال‌ها تأثیر عمیقی داشته و به‌طور ضمنی در صفحات بعدی این کتاب بازتاب یافته است.

اندی هادسون اسمیت^۴ کار خود را بر مصورسازی در کاسا متمرکز کرده است، و برخی از گرافیک‌های او در اینجا گنجانده شده‌اند. این موضوع برای علم نوین شهرها اهمیت روزافزونی پیدا کرده است و برای انتشار و استفاده از ایده‌های ما در زمینه‌های عملی که شامل طراحی شهرهای زیست‌پذیرتر و پایدارتر است، اهمیت دارد. دیوید اوسالیوان^۵، پاول تورنس^۶، نارو شیوده^۷ و اندرو کروکس^۸ کار مرا به سمت مدل‌های شهری هدایت کردند که بیش از فیزیک اجتماعی بودند، در حالی که مارتین داج^۹ و راب کیتچین^{۱۰} راه‌های جدیدی به فضای سایبری و سپس شهر هوشمند باز کردند؛ کاری که آن‌ها در کاسا آغاز کردند و تأثیرات برخی از ایده‌های گزارش‌شده در اینجا از آنجا نشأت گرفته است. السا آرکات^{۱۱} شبکه‌ها و گروه علم پیچیدگی ما را در کاسا مدیریت می‌کند و کار او و دیگران در این صفحات منعکس شده است. باید از بث کلونگر^{۱۲}، ویراستارم در انتشارات ام‌آی‌تی^{۱۳}، که علیرغم طولانی بودن کتاب از آن حمایت کرد، و همچنین از آنتونی زانینو^{۱۴}، که در گرافیک‌ها بسیار کمک کرد، تشکر کنم.

¹ Helen Couclelis

² Mike Woldenberg

³ SUNY Buffalo

⁴ Andy Hudson-Smith

⁵ David O'Sullivan

⁶ Paul Torrens

⁷ Naru Shiode

⁸ Andrew Crooks

⁹ Martin Dodge

¹⁰ Rob Kitchin

¹¹ Elsa Arcaute

¹² Beth Clevenger

¹³ MIT Press

¹⁴ Anthony Zannino

همچنین باید از همسر، سو، و پسر، دن، تشکر کنم در جنبه‌های بسیاری مرا یاری کرده‌اند — کمک‌هایی فراتر از آن که بتوانم همگی‌شان را برشمارم. این اثر را به آن‌ها تقدیم می‌کنم.

مایکل بتی^۱
بریتانیای کوچک
لندن، EC1A 7BX
۱۰ ژوئن ۲۰۲۳

۵

"شهر محاسبه پذیر"

^۱ Michael Batty