مجله آموزش مهندسی ایران، شماره ۳، جلد ۲، ص. ۹۱-۶۹

فنّاوری اطلاعات در طراحی مهندسی عمران و مهندسی ساختمان

علی کاوه و محمد گل‌محمدی

دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده : در این مقاله فنّاوری اطلاعات در ارتباط با طراحی مهندسی عمران و ساختمان به منظور دادن آگاهی اجمالی در بارهٔ تکامل، همانندسازی، بینش و گرایش روزآمد استفاده از فنّاوری اطلاعات مطرح شده است. در این پژوهش در مجموع، ۵۰۰۰ مقاله که در طول قرن بیستم با استفاده از فنّاوری اطلاعات در طراحی مهندسی عمران و ساختمان تهیه و منتشر شده است، شناسایی و به کار گرفته شده‌اند.

واژه‌های کلیدی : فنّاوری اطلاعات، طراحی، مهندسی عمران، مهندسی سازه، قرن بیستم.

۱. مقدمه

فنّاوری اطلاعات، همگرایی فنّاوری‌های رایانه‌ای و ارتباطات در تمام جنبه‌های زندگی دنیای پیشرفته آثار چشمگیری داشته است. در آستانهٔ قرن بیست و یکم، این آثار هم بر روی ممالک پیشرفته و هم بر روی کشورهای در حال توسعه بیشتر و بیشتر خواهد شد. با پیشرفت‌های به‌دست آمده در میکروالکترونیک و فتونیک، قدرت و توان زیرساختارهای اطلاعاتی به‌صورت تابع نمایی در حال افزایش و هزینه‌های آن در حال کاهش است. حداقل برای آینده نزدیک ادامه این روند به‌صورت تابع نمایی قابل پیش‌بینی است.

آثار فنّاوری اطلاعات را می‌توان در موارد زیر به‌وضوع ملاحظه کرد:

- جهانی شدن تجارت؛
- خدمات بهتر تجاری برای داد و ستدهای سنتی؛
- مدل‌های تجاری برای سازمان‌هایی که بر پایه اینترنت استوارند؛
- شکل‌های جدید ارتباطات اجتماعی؛
- چالش‌های جدید قانونی و اخلاقی.

به‌نظر می‌رسد که شکل این تغییرات اجتماعی حداقل با سرعت تغییرات فنّاوری در حال شکل‌گیری است [۷۲].

در عصر حاضر، اطلاعات و دانش سرمایه اصلی یک جامعه را تشکیل می‌دهد و یکی از ارکان اصلی توسعه جامعه به‌شمار می‌رود. فنّاوری اطلاعات یکی از مهم‌ترین ساختارهای موجود در جهان امروز است. در جهان پررقابت امروز بدون استفاده از فنّاوری اطلاعات، پیشرفت و توسعه پایدار بسیار مشکل و غیرممکن به‌نظر می‌رسد. هرچند در زمینهٔ فنّاوری اطلاعات در شماره‌های قبلی مجله آموزش مهندسی مقالات ارزنده‌ای انتشار یافته است [۷۴ و ۷۵]، لیکن اهمیت آن در مهندسی ساختمان و به‌طور کلی مهندسی عمران به‌گونه‌ای است که توجه بیشتر به این مقوله را ضروری می‌نماید. در این خصوص، گیررسون [۷۳] پژوهشی را در زمینه خاص طراحی مهندسی انجام داده است که در این مقاله به جزئیات این تحقیق پرداخته می‌شود.

۲. تعریف فنّاوری اطلاعات و موضع این تحقیق

فرهنگ لغت انگلیسی آکسفورد [۱] "فنّاوری اطلاعات" را به صورت "شاخه‌ای از فنّاوری راجع به

انتشار، فرایند و ذخیره‌سازی اطلاعات" تعریف می‌کند. فرهنگ لغت انگلیسی راندمن هاووس [۲] "تئوری فنّاوری" را تئوری راجع به محتوا و ارسال اخبار و ذخیره‌سازی و بازیابی اطلاعات می‌داند. دایرةالمعارف جدید بریتانیا [۳] "فرایند اطلاعات" را "سازماندهی، ذخیره‌سازی، ارسال و استفاده نظام‌یافته اطلاعات" معرفی می‌کند و برای توجه بیشتر چنین ادامه می‌دهد که "علم اطلاعات" عبارت است از: "پرداختن به روند ذخیره‌سازی و انتقال اطلاعات به‌طور آکادمیک و حرفه‌ای" در حالی که "تئوری اطلاعات" عبارت است از: "بازنمایی ریاضی‌وار حالت‌های پارامترهای مؤثر بر ارسال یا فرایند اطلاعات".

تعاریف کلی بالا دیدگاهی از فنّاوری اطلاعات را نشان می‌دهد که فراتر از محدودهٔ این پژوهش است. در واقع، این مقاله به علم اطلاعات که دانش‌های گوناگونی از قبیل کتابداری، زبان‌شناسی و کلام‌شناسی و نیز فرایند داده‌ها برای توسعهٔ روش‌ها و وسایل برای کمک به جابه‌جایی اطلاعات را در برمی‌گیرد، نمی‌پردازد و همچنین، در زمینهٔ تئوری اطلاعات، که شامل بخش عمده‌ای از کاربردهای آمار و احتمالات ریاضی برای توصیف و دستکاری‌کردن مقادیر تعریف شده در سیستم‌های خبررسانی اطلاعات است، نمی‌باشد. محققان دریافته‌اند که علم اطلاعات و تئوری اطلاعات به‌طور همزمان بر هر استفاده‌ای از فنّاوری اطلاعات تأثیر دارند.

هدف این مقاله تمرکز بر استفاده از فنّاوری اطلاعات در حد مقالات گزارش شده در ارتباط با طراحی مهندسی عمران و ساختمان در سطح جهانی برای فراهم‌آوردن یک دید در بارهٔ تکامل، همانندسازی، بینش و بالاخره، گرایش روزآمد استفاده از فنّاوری اطلاعات است. در هر حال، "شاخص مهندسی سالانه"[۱] [۴] برای تهیه یک مجموعه سازمان داده شده از شواهد کتابشناسی و چکیده مقالات طراحی مهندسی عمران و ساختمان، از آغاز قرن بیستم تا نیمه اول دههٔ ۱۹۹۰ فعالیت کرده است. مجموعه "شاخص مهندسی" در سال ۱۸۸۴ انتشار یافت و اکنون با بیش از ۱۸۰/۰۰۰ چکیده مقاله در آخرین ویرایش‌ها، شامل کامل‌ترین مجموعه انتشارات علوم و مهندسی در سرتاسر جهان است که این خود نمونه مهمی از فنّاوری اطلاعات به‌شمار می‌رود. اولین گام در بررسی ادبیات این رشته نشان‌دهنده وجود تعداد بسیار زیاد انتشارات در این زمینه است. به عنوان مثال، بیش از ۱۵۰۰۰ مقاله تنها در طراحی ساختمان در مدت نه سال؛ یعنی از سال

---

۱. Engineering Index (EI)

۱۹۸۷ تا ۱۹۹۵ منتشر شده است (سطر دوم جدول را ملاحظه کنید). فهرست انتشارات، با نگهداری مقالاتی که صرفاً در مجموعهٔ طراحی مهندسی عمران و ساختمان با ملاحظات فنّاوری اطلاعات بوده است و در زمینهٔ CAD، CAE، کاربردهای رایانه‌ای، پردازش موازی، سیستم‌های پایگاه داده‌ها، مساعدت‌های طراحی، سیستم‌های هوشمند و سیستم‌های دستیابی به اطلاعات که استفاده از ابزارهای متفاوت فنّاوری اطلاعات همچون ابرمتن‌ها و چندرسانه‌ها را در بر داشتند، اصلاح گردید. با توجه به اینکه EI تا سال ۱۹۸۷ بر روی ابزارهای رسانه‌ای الکترونیکی در دسترس نبود (یک نقطه عطف مهم فنّاوری اطلاعات برای نویسندگانی که مقالاتی نظیر این مقاله را تهیه می‌کنند)، فهرست اصلاح شده انتشارات پیشین کامل نمی‌باشد، به این دلیل که در دوره زمانی انتشارشان با استفاده اساسی از ابزار بررسی مشاهداتی فنّاوری اطلاعات در مورد شاخص‌ها، عناوین یا خلاصه انتشارات انجام نشده و از طریق جستجوگر الکترونیکی مقالات انتخاب نشده بودند (این مقالات اولیه تحقیقی به‌طور انتخابی و شاید غیرکامل در مشاهده فراگیر طبیعی کار قرار دارند، حتی بعد از آن، صدها مقاله انتشار یافته در دورهٔ سال‌های ۱۹۰۰ تا ۱۹۸۶ شناسایی شده‌اند که به تعدادی از بخش‌های این تحقیق مربوط هستند). فهرست انتشارات اصلاح شده برای دوره سال‌های ۱۹۸۷ تا ۱۹۹۵ به‌وسیله جستجوگر الکترونیکی EI برای مقالات، شامل کلمات کلیدی و عبارات مربوط به زمینه‌های ذکر شده فنّاوری اطلاعات در طراحی مهندسی عمران و ساختمان، تهیه شده بود. نتایج این تحقیق به‌طور خلاصه از سطر چهارم جدول ۱ آمده است؛ یعنی در آنجایی که بیشتر از ۴۴۰۰ مقاله شناسایی شده مربوط به این تحقیق ذکر شده است.

نمادهای استفاده شده در جدول ۱ به قرار زیرند:

CE = مهندسی عمران، SD = مهندسی ساختمان، فنّاوری اطلاعات، LATI = دستیابی به اطلاعات + فنّاوری اطلاعات، CIT = مهندسی عمران + فنّاوری اطلاعات، SCIT = طراحی ساختمان + فنّاوری اطلاعات، CAD = طراحی به کمک رایانه، CAE = مهندسی به کمک رایانه، DS = سیستم‌های پایگاه داده‌ها، DA = طراحی کمکی، EXS = سیستم‌های هوشمند، CBS = سیستم‌های پایگاه موضوعی، ICIHMV = دستیابی به اطلاعات، مهندسی همزمان (موازی)، ابرمتن، کاربردهای چندرسانه‌ای، کاربردهای عملی، SDIT = طراحی سازه + (فنّاوری اطلاعات یا اطلاعات). علامت‌های اختصاری طراحی ساختمانی به وسیله حرف S در ابتدا آمده است (به عنوان مثال SD=SCAD + طراحی به کمک رایانه).

جدول ۱ تعداد مقالات فنّاوری اطلاعات در شاخص مهندسی سالانه

برای دوره سال‌های ۱۹۸۷ تا ۱۹۹۵، [۳۷]

ناحیه	بخش	۱۹۸۷	۱۹۸۸	۱۹۸۹	۱۹۹۰	۱۹۹۱	۱۹۹۲	۱۹۹۳	۱۹۹۴	۱۹۹۵
	CE	۴۵۷	۳۸۳	۲۸۱	۲۵۴	۴۶۵	۲۱۸	۳۰۹	۲۳۸	۲۵۶
	SD	۲۲۲۰	۱۹۹۰	۱۲۰۰	۱۵۳۰	۱۳۲۰	۱۴۲۵	۱۵۹۸	۱۵۳۹	۲۲۶۶
	IT	۵۷	۶۱	۴۱	۶۳	۶۲	۴۹	۷۶	۲۰۴	۹۳۲
CE	CIT	۲	۱	۰	۰	۴	۰	۳	۰	۸
	CAD	۲۴	۱۲	۱۷	۲۱	۴۲	۱۳	۲۳	۱۸	۱۵
	CAE	۶	۶	۸	۲۱	۱۶	۴	۶	۱۱	۱۵
	CAPP	۶۰	۳۳	۲۳	۳۰	۵۷	۲۲	۲۳	۱۶	۷
	DS	۵	۱۰	۸	۱۵	۲۲	۹	۶	۸	۹
	DA	۸	۷	۷	۸	۱۲	۴	/	/	۱
	EXS	۲۳	۲۲	۱۲	۲۴	۴۰	۱۵	۱۱	۲	۵
	CBS	۳۲	۱۹	۲۰	۱۳	۴۲	۱۷	۲۲	۱۰	۲۱
	ICIHMV	۵۹	۶۶	۳۳	۳۲	۸۲	۴۰	۳۵	۲۳	۴۱
SD	SCIT	۱	۰	۰	۱	۲	۰	۰	۰	۶
	SCAD	۱۰۷	۹۶	۹۰	۹۳	۹۹	۱۱۰	۸۸	۸۱	۱۳۳
	SCAE	۶	۸	۶	۱۵	۱۰	۱۴	۱۰	۱۳	۲۱
	SCAPP	۷۰	۶۴	۴۸	۳۳	۳۱	۲۲	۲۳	۸	۱۰
	SDS	۱۷	۱۰	۴	۲۰	۷	۸	۱۶	۱۸	۴۰
	SDA	۱۹	۶	۵	۹	۷	۲۴	۸	۱۲	۱۰
	SEXS	۲۸	۲۹	۲۶	۵۱	۴۳	۴۳	۳۳	۱۲	۱۰
	SIDS	۲	۰	۱	۰	۰	۱	/	۱	/
	SIAIHMV	۶	۷	۸	۹	۷	۵	۵	۹	۱۷
	SDIT	۰	۰	۰	۰	۶۸	۶۶	۸۳	۸۱	۱۵۱
	IAIT	۵۷	۶۲	۴۲	۶۳	۶۲	۴۹	۶۷	۲۰۴	۹۳

بالاخره، تعداد مقالات بعد از سال ۱۹۹۵ در ارتباط با جهات تحقیقاتی آینده، به وسیله مرور دقیق مجلات و کنفرانس‌های برگزار شده، شناسایی شده‌اند. در مجموع، برای قرن بیستم تقریباً تعداد ۵۰۰۰ مقاله که استفاده از فنّاوری اطلاعات در طراحی مهندسی عمران و ساختمان را در بر داشته‌اند، شناسایی شده است. قبل از ارائه یک مشاهدهٔ تاریخی مرتبط با این موضوع، که اسکلت آن بر مقالات مذکور بنا شده است، تاریخچهٔ متخصری از گسترهٔ وسیع فنّاوری اطلاعات در بخش آینده، برای آماده کردن شرایط برای این تحقیق تهیه شده است.

۳. خلاصه‌ای از تاریخچهٔ فنّاوری اطلاعات

فنّاوری اطلاعات تاریخی طولانی و بیشتر از هزار سال دارد که با اولین نقاشی‌ها در غارها و ابداع نوشتن و اختراع چاپ در سال‌های ۱۵۰۰ شروع شد. این روند با توسعه رایانه‌های الکترونیکی و سیستم‌های تجاری در نیمه دوم قرن بیستم ادامه یافت. فنّاوری اطلاعات امروزی در سال ۲۰۰۰ ریشه در ابداع تلگراف الکترونیکی در دهه ۱۸۳۰ و تلفن در دهه ۱۸۷۰ دارد. حرکت مکانیکی گرامافون در این دوره اختراع شد که موقعیت مهمی در تاریخ فنّاوری اطلاعات داشت و آغازگر شکل‌های نوین حافظه مکانیکی بود.

دوره بین سال‌های ۱۸۷۰ و ۱۹۰۰ به عنوان دوره الکترومکانیکی فنّاوری اطلاعات شناخته شده است که در آن یک تغییر الکترونیکی با ابزار حرکت مکانیکی پردازش اطلاعات توسعه پیدا کرد. از مهم‌ترین این ابزارها ماشین‌های تحریر، ماشین‌های تکثیر و ماشین حساب‌های جدولی بودند که در حدود سال ۱۹۰۰ توسعه داده شدند و در تاریخ فنّاوری اطلاعات به عنوان سرآغاز رایانه‌های نوین شناخته شدند (در حقیقت، شرکت شکل‌یافته به وسیله مخترع ماشین‌های تجاری سرانجام در سال ۱۹۲۴ به نام IBM شناخته شد).

پیدایش صنایع الکترونیکی در حدود سال ۱۹۰۰، در توسعه بخش عمده‌ای از پیشرفت‌های فنّاوری اطلاعات تأثیر زیادی داشت. مهم‌ترین این موارد، اختراع AM در دهه ۱۹۲۰، رادار و تلویزیون در دهه ۱۹۳۰ و رایانه الکترونیکی در دهه ۱۹۴۰ بود. توسعه اولین اهداف کلی رایانه الکترونیکی ENTAC در سال ۱۹۴۶ کامل شده بود و UNIVAC-1 در سال ۱۹۵۱ برای فروش آماده گردید.

تحول الکترونیکی در زمینه اهداف رشد فنّاوری اطلاعات بعد از جنگ جهانی دوم با اختراع

ترانزیستور در سال ۱۹۴۷ آغاز شد و به دنبال آن، ترکیب مدارها در سال ۱۹۵۷ توسعه یافت، پس از آن رایانه‌ای که به "نسل دوم" معروف بود در اواخر دهه ۱۹۵۰ پدید آمد و سپس رایانه‌های کوچک در اواسط دهه ۱۹۶۰ عرضه شد. شاید حادثه‌ای که بزرگ‌ترین تأثیر را بر فنّاوری اطلاعات امروزی داشت، اختراع ریزپردازنده‌ها در سال ۱۹۷۱ بود که به وسیله اولین ریزپردازنده‌های تجاری در سال ۱۹۷۵ توسعه یافت.

به موازات پیشرفت در محاسبات، سیستم‌های اصلی انتقال اطلاعات عرضه می‌شدند. از دهه ۱۹۴۰ میکروموج به عنوان اولین جایگزین کابل محوری برای اطلاع‌رسانی فاصله‌های طولانی پدید آمد. سیستم‌های ارتباطی ماهواره‌ای از دهه ۱۹۵۰ برای ترافیک تلفن بین‌المللی و انتقال موفق اطلاعات به وسیله فیبر نوری در دهه ۱۹۷۰ گسترش پیدا کرد. دهه ۱۹۸۰ آغازی برای ابزار فرعی بسیار پیشرفته برای انتقال اطلاعات همچون پست تصویری، تلکس و مودم بود. صنعت فنّاوری اطلاعات به‌طور پیوسته و به سرعت در دهه ۱۹۹۰، به وسیله اطلاعات دیجیتالی با هر محتوایی (علامت، صدا، نور و ...) برای گسترش دادن، پردازش کردن، ذخیره‌سازی و بازیابی اطلاعات به‌وسیله سیستم‌هایی که به‌طور فزاینده آگاه می‌شوند، سیستم‌های سریع‌تر و سیستم‌های کوچک‌تر که به هر صورت به سمت فنّاوری اطلاعات همگرا می‌شوند (رایانه + پست تصویری + اینترنت + تلفن + غیره) رو به گسترش نهاد.

۴. مرور تاریخی فنّاوری اطلاعات در طراحی مهندسی عمران و ساختمان

با توجه به دلایلی که مطرح خواهد شد، این تاریخ به‌طور اجمال مرور می‌شود. فهرست حدود ۵۰۰۰ مقاله که در قرن بیستم شناسایی و بیشتر آنها نخستین بار برای استفاده از فنّاوری اطلاعات در مجموعه طراحی مهندسی عمران و ساختمان ارائه شده است، اصلاح شده‌اند. تنها تعداد محدودی از مقالات اخیر برای استفاده از فنّاوری اطلاعات، به منظور رسیدن به فهرستی از مراجع که بر حسب تاریخ مرتب شده‌اند، در انتهای این مقاله داده شده است.

در اوایل قرن بیستم، استفاده از فنّاوری اطلاعات در طراحی مهندسی عمران و ساختمان به شکل مدارک و کتاب‌هایی همچون جداول طراحی شده، راهنماهای طراحی شده و کتاب‌های درسی بود. نمونه‌های طبقه‌بندی شده در این خصوص به صورت زیر است:

- در سال ۱۹۸۱، جداول سازه‌های فولادی و معادلات نشان‌دهنده نبشی‌ها با بال‌های هم‌طول و

مختلف، مقاطع Z شکل و مقاطع ستون‌های Phoenix [۶].

- در سال ۱۹۲۲، هشدار و یادآوری به طراحان سازه‌های فولادی در خصوص خوردگی، اثرهای انبساط، ساختمان و شرایط نامناسب در ضمن حمل و نقل در طی ساخت مطرح شد [۷].

- در سال ۱۹۳۵، یک کتاب درسی برای دانشجویان مهندسی در مورد مکانیک مصالح با مثال‌های فراوان کاربردی برای توضیح تئوری انتشار یافت [۸].

دهه ۱۹۴۰ با دید کمک به مدیریت برای افزایش اسناد، کتاب‌ها، جداول، طرح‌ها و ... آغاز شد. در سیستم‌های توسعه‌ای برای انتشار، ذخیره‌سازی و بازیافت اطلاعات رشد چشمگیری صورت گرفت. در صورتی که به‌طور ویژه به مهندسی عمران و ساختمان پرداخته نشود، نمونه‌های زیر نشان‌دهندهٔ توانایی‌های این دوره است؛ در این برهه، چگونگی دسترسی به اطلاعات در کتابخانه یک شرکت شامل فهرست کردن کارت‌ها، فهرست راهنمای توانایی‌ها، انواع مواد در دسترس و گردآوری فهرست‌های پیشنهادی برای مطالعه مطرح شد [۹]، همچنین در دهه ۱۹۴۰، توصیفی از توابع و مزایای کتابخانه یک شرکت تخصصی شامل طبقه‌بندی اطلاعات مطابق با منافع اقتصادی شرکت صورت گرفت [۱۰]، در سال ۱۹۵۵، توصیفی از فاکتورهای مؤثر بر نوع و کمیت اطلاعات مورد نیاز در یک سازمان مهندسی شامل فهرست کردن، بایگانی و آگاهی دادن در مورد اینکه چگونه اطلاعات رایج نگهداری شود، صورت گرفت [۱۱].

ماشین حساب‌های قدرتمند الکترونیکی از اوایل دههٔ ۱۹۰۰ در دسترس بودند و در طول نیمه اول قرن بیستم، چنین ماشین‌هایی به‌طور گسترده در سازمان‌های مهندسی به‌طور خودکار برای انجام‌دادن عملیات ریاضی (ضرب، تقسیم و ...) مورد استفاده قرار گرفتند. قبل از دههٔ ۱۹۵۰، آلبیت در مقاله‌ای اظهار داشت که هیچ مدرکی برای استفاده نکردن از ابزار الکترونیکی در فنّاوری اطلاعات برای طراحی مهندسی عمران و ساختمان وجود ندارد. در سال ۱۹۵۶، پروفسور لیوزلی از دانشگاه منچستر مقاله‌ای سرنوشت‌ساز در استفاده از یک رایانه الکترونیکی برای انجام‌دادن تحلیل ارتجاعی سازه‌ها نوشت که در آن برنامه‌ای رایانه‌ای را برای تحلیل یک قاب مستوی با مقاطع متغیر به کار گرفته بود [۱۲]. به یک معنی، این مقاله دریچه‌های سیلابگر را بازکرد و بعد از دهه ۱۹۵۰، دنیای مقالات با سرازیر شدن مقالاتی که مزایای استفاده از رایانه‌ها را در طراحی مهندسی نشان می‌دادند، مواجه شد. در اینجا تنها به تعداد اندکی از چنین مقالاتی که به گونه‌ای به فنّاوری اطلاعات مرتبط هستند، ارجاع داده شده است و بیشترین توجه به مقالاتی

است که به‌طور آشکار از فنّاوری اطلاعات برای راه‌اندازهایی که افزایش ناگهانی اطلاعات را به وسیله تحول رایانه به همراه آورده‌اند، استفاده کرده‌اند.

دهه ۱۹۶۰ دوره طراحی رایانه‌های خودکار بود. در سال ۱۹۶۴، مهندسان وابسته به کمیته تحقیقاتی انجمن مهندسی گزارشی تهیه کردند که در آن به گرفتاری‌های مهندسان عمران با در نظر گرفتن مسائل عمده‌ای که شامل "توسعه روش‌شناسی برای طراحی سیستم‌های طبقه‌بندی اطلاعات برای تعداد زیادی از روش‌های طراحی و مرور بنیادی روش‌های طراحی طبقه‌بندی شده برای آوردن حساب احتمالات در فنّاوری پیشرفته اطلاعات" بود، نگاه ویژه‌ای شده بود [۱۳]. همچنین، احتیاج به رهنمودهای وسیع برای کنترل توسعه و استفاده از برنامه‌های رایانه‌ای شناسایی شده بود. در سال ۱۹۶۴، مقاله‌ای راهگشا در زمینهٔ استفاده از رایانه و برنامه‌ریزی در مهندسی عمران از دیدگاه استفاده کنندگان ارائه شده بود که در آن نویسنده رایانه را به عنوان ابزار پردازش اطلاعات معرفی کرده و فرضیات ذخیره‌سازی اطلاعات و آدرس‌های اطلاعات و کنترل رایانه را به کار گرفته بود [۱۴]. در سال ۱۹۶۵، مقاله‌ای منتشر شد که نویسندهٔ آن با ارائه مدرک روشن، مختصر، دقیق و کافی، برنامه‌نویسی رایانه‌ای الکترونیکی برای طراحی مهندسی عمران را توضح داده بود [۱۷].

بسته نرم‌افزاری ICES (سیستم‌های ترکیبی مهندسی عمران) در دانشگاه MIT در دهه ۱۹۶۰ توسعه داده شد که شامل سیستم رایانه‌ای STRUDL (زبان طراحی ساختمان) برای طراحی ساختمان بود و اولین ابزار فنّاوری اطلاعات به صورت تجاری در دسترس طراحان عمران و ساختمان است. نخستین ویرایش STRUDL در مقاله‌ای در سال ۱۹۶۶ معرفی شده که قابلیت بهره‌برداری داده‌ها و اطلاعات را داشت و بدین وسیله در بهبود بخشیدن به تصمیم‌های مهندسی سرعت بیشتری داد.

در دههٔ ۱۹۶۰، اولین استفاده از هوش مصنوعی و روش‌های سیستم متخصص در سیستم‌های فنّاوری اطلاعات برای مهندسی عمران ملاحظه شد. در سال ۱۹۶۶، پروفسور فنوس، از دانشگاه ایلینویز، یک مقاله سرنوشت‌ساز منتشر کرد که کاربردهای رایانه را از تحلیل به طراحی گسترش داد. این مطلب که توجه بیشتری به الگوریتم‌هایی داده شود که اصولاً منطقی هستند، مهم بود، مشروط به اینکه قواعد درست تعریف شده مهندسی در دسترس باشد. یک تصمیم‌گیری منطقی به عنوان روشی برای فرمولبندی تصمیم‌های پیچیده منطقی تهیه شده بود و می‌توانست به صورت

روشی برای برطرف‌کردن کمبودهای مرسوم به‌صورت فلوچارت نشان داده شود.

در دههٔ ۱۹۷۰، پیشرفت جالبی در بازیابی اطلاعات رایانه‌ای، انتقال فنّاوری، مدیریت پایگاه داده و گرافیک برای طرح‌های مهندسی به‌وجود آمد. در سال ۱۹۷۴، یک سیستم بازیابی اطلاعات تحلیل سازه به‌وسیله رایانه (که به تفصیل توصیف‌های زیادی از قبیل هندسه سازه، خواص مصالح، نوع بارگذاری، پاسخ سازه، مجزاسازی، روش‌های حل، مدارک، اداره کردن و نگهداری داشت) برای کمک به کسانی که مسائل تحلیل سازه‌ای داشتند و برای حل آنها نیاز به بهترین برنامه‌های رایانه‌ای داشتند، توسعه داده شد [۱۸]. در سال ۱۹۷۵، سیستم نرم‌افزاری برای فراهم‌کردن برنامه‌های کاربردی مهندسی عمران طوری گسترش یافت که انتقال فنّاوری ترقی داده شد و اهداف نرم‌افزارها پیشرفت کرد، به این صورت که افرادی برنامه‌های سفارشی رایانه‌ای توسعه یافته را آماده کردند که انتخاب گزینش‌های مهندسی و اهداف خاص رایانه‌ای را می‌دانستند [۱۹]. در سال ۱۹۷۸، مقاله‌ای منتشر شد که در آن اصول پایگاه داده برای سیستم‌های اطلاعاتی پایگاهی رایانه‌ای که برای راه‌اندازی اطلاعات گوناگون و تعویض اطلاعات جغرافیایی مورد نیاز بود، شرح داده شد [۲۲]. همچنین، در سال ۱۹۷۸، در شناسایی این واقعیت که حل‌های رایانه‌ای مسائل ساختمانی، حجم بزرگی از داده‌های تولید شده را نتیجه می‌دهد، در مقاله‌ای سیستم مدیریتی برای مسائل مهندسی سازه‌ای بزرگ مقیاس توضیح داده شد [۲۴]، دوباره در سال ۱۹۷۸، مقاله‌ای منتشر شد که در آن یک بسته‌نرم‌افزاری برای کمک به نقشه‌کشی رایانه‌ای توضیح داده شد که مقدار زیادی از محتوای ترسیم به‌طور خودکار از خروجی برنامه تحلیل تنش‌ها به‌دست می‌آمد [۲۳].

در دهه ۱۹۷۰، همچنین استفاده رایج از رایانه‌ها در میان همه زیرشاخه‌های مهندسی عمران دیده شد، به‌طوری که در سال ۱۹۷۸ مقاله‌ای ثبت شده است که در آن مدارکی برای استفاده از رایانه‌ها در شاخه‌های سازه، هیدرولیک، ژئوتکنیک، حمل و نقل و مهندسی محیط زیست، نقشه‌کشی، نقشه‌برداری، طراحی، مدیریت ساختمان و کنترل پروژه ارائه شده است [۲۱]. در عین حال، در دهه ۱۹۷۰ استفاده از فنّاوری اطلاعات غیررایانه‌ای نیز ادامه داشته است، به عنوان مثال، سیستم درک جزئی نمونه‌ای از آن است که استفاده از دوربین‌های دستی در هواپیما را برای افزایش ناحیه فیلمبرداری منطقه موردنظر و به منظور کاهش تأثیر محیطی توضیح می‌دهد [۲۰].

استفاده روشن از فنّاوری اطلاعات در آموزش مهندسی عمران موضوع جالبی در دهه ۱۹۸۰

بود. در سال ۱۹۸۲، نویسنده‌ای در مقاله‌ای یک روش ساده برای تعلیم مهارت‌های بازیابی اطلاعات برای دانشجویان مهندسی عمران را ارائه داد [۲۸]، در سال ۱۹۸۵، محققی در مقاله‌ای استفاده از مبادله اطلاعات در برنامه آموزشی مهندسی عمران را ترقی داد و نمونه برنامه‌ای را ارائه کرد که از روش‌های هاردی - کراس برای متعادل‌کردن نرخ جریان در شبکه لوله‌ها برای سیستم توزیع آب استفاده کرده بود [۳۱]، در سال ۱۹۸۶، پژوهشی در مورد استفاده از حالت‌های مختلف ورق‌های صاف در سازمان‌های مهندسی عمران انجام شده بود که موارد زیادی از استفاده آن ورق‌ها را در ۲۵ سازمان از ۶۰ سازمان در سرتاسر ایالات متحده آمریکا گزارش داده بود [۳۲]. در سال ۱۹۸۹، گزارشی در استرالیا تهیه و در آن مطرح شده بود که لازم است فنّاوری اطلاعات در برنامه آموزش از اولین سال‌های آموزشی قرار داده شود [۳۶].

در تعدادی از مطالعات در دهه ۱۹۸۰، کاربردهای فنّاوری اطلاعات برای کیفیت بهتر خصوصیات و فرایندهایی که طراحی مهندسی عمران و ساختمان را کنترل می‌کند، تحقیق شده بود. در سال ۱۹۸۰، در مقاله‌ای وابستگی بین جداول تصمیم‌گیری، شبکه‌های اطلاعاتی و طرح کلی در ارائه ترکیب آنها در طرح‌های بخصوصی ارائه شده بود [۲۹]. همچنین، در سال ۱۹۸۳، مقاله‌ای ارتباط سیستم مدیریت پایگاه داده برای طراحی ترکیبی رایانه‌ای توصیف شده بود که شامل کاربرد برای تحلیل سازه‌های مختلف برای شرح و برآورد سیستم‌های توانا در ذخیره‌سازی، بازیافت، تحقیق، اصلاح و بهره‌برداری از داده‌ها بود [۳۰].

در تعدادی از تحقیقات دهه ۱۹۸۰، استفاده عمومی از فنّاوری اطلاعات در طراحی مهندسی آمده است، در سال ۱۹۸۱، کمیته حرفه‌ای رایانه ASCE، در گزارشی طرحی را برای تأسیس انجمن حرفه‌ای بین‌المللی برای رایانه‌ها در مهندسی پیشنهاد کرده بود که کار اصلی آن تدارک اطلاعات برای روش‌های اصولی استفاده از نرم‌افزارهای رایانه‌ای بود که گردآوری، ذخیره‌سازی و بازیابی اطلاعات را رایانه‌ای کرده‌اند [۲۶]. در سال ۱۹۸۲، عضو ویژه‌ای از یک مجله ژاپنی، در مورد جنبه‌های گوناگون توسعه رایانه و کاربردهای آن در مهندسی عمران، شامل وضعیت رایج و دورنمای آینده در رایانه‌های بزرگ مقیاس، رایانه‌های کوچک و ریزپردازنده‌ها بحث کرد [۲۷].

در سال ۱۹۸۶، در مقاله‌ای فهرستی از مزیت‌ها و کمبودهای کاربرد فنّاوری اطلاعات برای مهندسی مطرح و در بارهٔ آن بحث شده بود و همچنین، توصیه شده بود که بهتر است مهندسان سازه در بریتانیا به‌طور معقولی محاسبه و استانداردها را ابلاغ کنند و آیین‌نامه‌ای برای ابزار فنّاوری

اطلاعات با کیفیت تضمین‌شده تدوین نمایند [۳۳]، در سال ۱۹۸۷، در مورد نوآوری‌هایی که در فنّاوری اطلاعات در حال اتفاق بود، مقاله‌ای نوشته شد که در مورد توسعه سیستم‌های الکترونیکی بر پایه "هوشمندسازی" راهنمایی کرده بود [۳۴]، در سال ۱۹۸۹ مروری انتقادی در مورد مقالاتی که در بارهٔ تأثیر فنّاوری اطلاعات بر فرد، گروه، سازمان و اجتماع نوشته شده بود، انجام گرفت [۳۵]، در سال ۱۹۸۹، در تحقیق ویژه‌ای موضوع فنّاوری اطلاعات در مهندسان مشاور عمران و سازه به‌طور جدی مد نظر قرار گرفته بود و ضعف‌ها شناسایی و موقعیت‌های مورد توجه برای عرضه فنّاوری اطلاعات در صنعت مهندسی عمران ارائه شده بود [۳۷].

دهه ۱۹۹۰، افزایش جالبی را در موقعیت‌ها و مشکلات کاربرد فنّاوری اطلاعات در زمینه‌های علمی مهندسی گواهی می‌دهد. در سال ۱۹۹۰، در تحقیقی نشان داده شد که موقعیت مهندسی عمران یا نقشه‌برداری یک تدبیر مدیریت عملی نیاز خواهد داشت که با فنّاوری‌های پیشرفته و جدید فنّاوری اطلاعات برای خودکار کردن حوزه اطلاعات متخصصان آینده سازگار باشد [۳۸]. در سال ۱۹۹۱ مقاله‌ای نوشته شد که نشان می‌داد افزایش استفاده از فنّاوری اطلاعات در مهندسان مشاور جدی است و موضوعات استراتژیک متفاوتی تحقیق می‌شود که بهتر است وقتی بر روی سرمایه‌گذاری در فنّاوری اطلاعات تفکر می‌شود، مدنظر قرار گیرد [۴۱]. همچنین، در سال ۱۹۹۳، در شناسایی قدرتمند نیاز به A/E/C (ساختمان / مهندس / معمار) مربوط به انتخاب مدیریت کیفیت کل (TQM) برای رقابتی باقی‌ماندن، مطالعه‌ای شده بود که مقداری از موضوعات رایانه‌ای شده مربوط به استقرار یک قیمت مؤثر سیستم TQM برای فنّاوری اطلاعات [۴۲] را شرح می‌داد. در سال ۱۹۹۳، مقاله دیگری منتشر شد که نشان می‌داد فنّاوری اطلاعات با راه‌اندازی بعضی از قسمت‌هایش، در حال تغییردادن مسیر صنعت ساختمان است [۴۴]. در سال ۱۹۹۳، نویسنده‌ای در مقاله‌ای نشان داد که محدوده بسیاری از فنّاوری اطلاعات برای آمیخته‌شدن در طراحی ساختمان شامل تهیه یک سیستم کنترل برای تنظیم محیط داخل، یک سیستم مدیریت برای اداره ساختمان‌ها به‌طور اقتصادی و یک سیستم ارتباطی برای راه‌اندازی همه مبادلات اطلاعات داخلی و خارجی وجود دارد [۴۵]. در سال ۱۹۹۴، در مقاله‌ای نشان داده شد که پیش‌بینی‌ها در مورد فنّاوری اطلاعات به عنوان اصولی برای اتخاذ تصمیم‌های ممکن و مناسب به منظور سرویس تدارکات در پروژه‌های ساختمانی متداول می‌شود [۵۲]، مقاله دیگری که در سال ۱۹۹۴ منتشر شد، استفاده از فنّاوری‌های شبیه‌سازی و مشاهداتی را برای بهبود تبادل اطلاعات

بین تیم‌های طراحی و اجرا برای یک پروژه ساختمانی در آن در نظر گرفته شد [۵۸]، اما تحقیق دیگری که در سال ۱۹۹۴ انجام شد، نشان داد که مجموعه‌های مدیریتی موفق یک مؤلفه مهم از استراتژی‌های فنّاوری اطلاعات در صنعت A/E/C است [۴۹]، همچنین در سال ۱۹۹۴، در مقاله‌ای از این مطلب دفاع شد که مهندسان عمران از سیستم‌های جغرافیایی توسعه داده شده به وسیله US Census Beureau برای ترکیب سریع اطلاعات نقشه، داده‌های آماری، متغیرهای زیادی از داده‌های مرجع جغرافیایی که برای تحلیل مهندسی به عنوان بخشی از پروژه فرایند طراحی مورد نیاز است، استفاده می‌کنند [۵۴]، در سال ۱۹۹۵، در مقاله‌ای پیشنهاد شد که سیستم EDI (تبادل الکترونیکی داده‌ها) برای مبادله در مراکز تجاری - اقتصادی به عنوان مقدمه‌ای در صنعت مهندسی عمران برای بهبود بخشیدن در جریان اطلاعات مورد استفاده قرار گیرد [۵۹]. تحقیق دیگری در سال ۱۹۹۵ انجام شد و اطلاعات یک سازه را برای کمک‌کردن به حل مسائل با کمیت‌های بزرگ اطلاعات تولید شده، مرتب کرد [۶۰]. دوباره در سال ۱۹۹۵، مقاله‌ای انتشار یافت که توضیح می‌داد شروع هر جنبه جدید فنّاوری اطلاعات می‌تواند یک فرایند دشوار باشد (به ویژه در تحصیلات مهندسی عمران) و به وسیله تجربه‌های اخیر یک پیمانکار بزرگ بریتانیایی بازبینی شده است [۶۲]. در عین حال، در سال ۱۹۹۵ در مقاله دیگری یک مدل اطلاعاتی که قادر به ترکیب فرایند طراحی ساختمان در مرحله مقدماتی بود، ارائه شد [۶۴]. در سال ۱۹۹۶، نویسنده‌ای در مقالهٔ خود حالتی را که بر فرایند کنترل جریان اطلاعات و منطق آن در یک سازگاری طراحی با محیط در ارتباط با طراحی هندسی سیستم‌های ساختمانی شده بود، به‌کار گرفت [۷۰].

کاربردهای موازی فنّاوری اطلاعات در کارهای تخصصی انجام شده و تعدادی از مطالعات در دههٔ ۱۹۹۰ بر تحقیق فنّاوری اطلاعات در آموزش مهندسی و سطح سهولت به‌کارگیری رایانه مورد انتظار برای تحصیلات مهندسی عمران متمرکز شده بودند که در سال ۱۹۹۳، در مقاله‌ای توسعه یک محیط چندرسانه‌ای تبادلی برای اجازه دادن به دانشجویان و استادان که یک شکل دیجیتالی از وضعیت آموزش شکست سازه‌ها را در اختیار داشته باشند، توضیح داده شد [۴۶]. در سال ۱۹۹۴، مقاله‌ای منتشر شد و در آن پروژه‌ای را که تحت نظارت دانشگاه ایالت پنسیلوانیا برای توسعه هدایت استادان و کمک به آموزش تحلیل سازه‌های فولادی انجام شده و آخرین و امروزی‌ترین فن را به کار برده بود، مورد بررسی قرار داد، که این پروژه به‌وسیله تبادل چندرسانه‌ای

شامل حرکات کامل ویدئویی، گرافیک‌های رایانه‌ای، نقاشی متحرک، وسائل نوشتاری و شنیداری برای استفاده کنندگان اجازهٔ تحقیق کامل رفتار، حالات محدود و طراحی اعضای فولادی سازه‌ای را می‌داد [۴۸]، همچنین، در سال ۱۹۹۴ گزارشی که از مطالعات انجام شده در دانشگاه ملبورن تهیه شده بود، یک متن فوق‌العاده به‌صورت نرم‌افزار برای هدایت استاد در تدریس طراحی خمشی تیرهای بتنی مسلح را توسعه داده بود [۵۵]. دو مقاله منتشر شده در سال ۱۹۹۵ توضیحات بیشتری در مورد سعی و تلاش در دانشگاه ایالت پنسیلوانیا برای ابداع و به‌کار بردن فرضیات ترکیب شده آموزش با استفاده از فنّاوری اطلاعات [۶۱] و برنامه‌های چندرسانه‌ای برای تدریس تحلیل سازه‌های فولادی [۶۳] داده بود.

برنامه‌ریزی شیءگرا (OOP) در دهه ۱۹۹۰ به عنوان مهم‌ترین تکنیک فنّاوری اطلاعات برای کنترل جریان و مبادله اطلاعات مهندسی پدیدار شده بود، تعدادی از نمونه‌های خاص به‌صورت زیر می‌آیند:

در سال ۱۹۹۳ مقاله‌ای منتشر شد که استفاده از OOP را برای استاندارد کردن روش، به طوری که اطلاعات دیجیتال برای پروژه‌های مهندسی عمران نگهداری و مبادله شوند، توضیح داد [۴۳].

در سال ۱۹۹۴، یک تحقیق در دانشگاه سالفورد انجام شده بود که یک مدل تنظیم موضوع برای طراحی ساختمان را که شامل یک سری زیرمدل‌های نمایشی مفهومی، فیزیکی و دورنمای طراحی سازه‌ای بود، توسعه داده بود [۵۶].

در سال ۱۹۹۴، مقاله دیگری یک روش تنظیم موضوع برای ترکیب اطلاعات طراحی منظم در صنعت ساختمان را توضیح داده بود [۵۷].

در سال ۱۹۹۵، مطالعه مشابهی برای تنظیم موضوع مدل برنامه زمان‌بندی A/E/Cهای مختلف انجام شده بود، پروژه شرکت‌کننده شامل توانایی طراحی، نقشه‌های ساختمان و مدیریت ساختمان بود [۶۵].

شاید بزرگ‌ترین ظهور فنّاوری اطلاعات در طراحی مهندسی عمران و سازه در دهه ۱۹۹۰ استفاده از فنّاوری‌های چندرسانه‌ای باشد، تعدادی از نمونه‌های طبقه‌بندی شده که در قسمت‌های کارهای تحقیقاتی و تخصصی است، به‌صورت زیر است:

در سال ۱۹۹۴، مقاله‌ای منتشر و در آن روش‌هایی گزارش شده بود که چندرسانه می‌توانست فرایند مهندسی را با مرجع ویژه‌ای برای مهندسی سازه تقویت کند [۵۰].

در سال ۱۹۹۴، در مقالهٔ دیگری نخستین فنّاوری‌های چندرسانه‌ای، توصیفی از توانایی کارهای تخصصی مهندسی عمران و ساختمان، کاربردهای آسان فنّاوری‌ها و یک فهرست اساسی چندرسانه‌ای و توسعه و بهبود مسائل نشان داده شده بود [۵۱]. در سال‌های ۱۹۹۴ و ۱۹۹۵، در مقالاتی تحقیق در دانشگاه سیدنی به صورت ترکیب متنی، تصاویر گرافیکی، عکس‌ها، نقشه کشی با CAD و ... برای پروژه‌های طراحی مهندسی سازه توضیح داده شده بود [۵۳ و ۶۶].

با مراجعه به یک قسمت از فنّاوری اطلاعات که مخصوصاً برای نویسنده‌ها جالب است، اظهارنظری به منظور مراجعه به نمونه‌های برنامه‌نویسی به کار گرفته شده برای رایانه‌ای کردن کارهای متفاوت فرایند طراحی وجود دارد. تکنیک‌های برنامه‌نویسی آیین‌نامه‌ای به‌طور موفقیت‌آمیزی برای دنبال‌کردن جزئیات گام‌های طراحی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که مسیر برای حل نهایی پیشاپیش شناخته شده است و طراحی به‌صورت گام به گام باید انجام شود. به هر حال، اگرچه معمولاً هیچ پایه الگوریتمی برای گام‌های مفهومی طراحی وجود ندارد، الگوریتم خودآموز و خودسامانده برای محاسبات الگوها ضروری است. در دهه ۱۹۹۰، در تعدادی از مطالعات گام‌های ادراکی روش طراحی نشان داده شده است. در چند پژوهش که در سال ۱۹۹۶ در دانشگاه سیدنی انجام شد، استفاده از تکنیک‌های تکاملی تحقیق به عنوان روش‌هایی برای پیشرفت سریع‌تر گام‌های طراحی بررسی شد [۶۸ و ۶۹]، در سال‌های ۱۹۹۵ و ۱۹۹۶، در دانشگاه واترلو مطالعاتی انجام شد که در آن شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های ژنتیکی درکنار هم، به عنوان پایه‌ای برای بالابردن قابلیت‌های طراحی توسط رایانه‌ها مطرح شدند.

۵. جمع‌بندی مطالب

پیشرفت در فنّاوری اطلاعات در قرن بیستم قابلیت‌های عمده‌ای در سرعت فرایند اطلاعات، سیستم‌های ذخیره‌سازی با چگالی بالا، ثبت تصویر با قابلیت بالا، ترکیب اطلاعات چندرسانه‌ای و انتقال اطلاعات به‌وسیله سیستم‌های توزیع یافته را فراهم آورده‌اند.

ادبیات موجود بر این نظر است که طراحی مهندسی عمران و ساختمان در استفاده از فنّاوری اطلاعات پیشرفت چشمگیری کرده است، اما یک سؤال باقی می‌ماند و آن این است که چه مقدار

و به چه روش‌هایی دیدگاه‌های جدید طراحی توسط فنّاوری اطلاعات به‌وجود آمده‌اند؟ بررسی‌ها نشان می‌دهد که راه‌اندازی و توزیع اطلاعات طی سالیان گذشته رشد داشته است [۴۰]، لیکن تولید اطلاعات از این رشد برخوردار نبوده است. بدین معنی که فنّاوری اطلاعات در حال تغییردادن تعداد زیادی از روش‌های طراحی مهندسی عمران و ساختمان می‌باشد، لیکن شواهد زیادی که نشان‌دهندهٔ تغییر طبیعت امر باشد وجود ندارد. برای نمونه، در بیشتر حالات جزئیات گام‌های طراحی به‌صورت فعالیت‌های جداگانه مطرح شده‌اند و از فنّاوری اطلاعات به مقدار بسیار ناچیز برای تصمیم‌گیری‌های بین‌مرحله‌ای استفاده شده است. علاوه بر این، فنّاوری اطلاعات به‌طور وسیعی در آخرین گام‌های طراحی مورد استفاده قرارگرفته است، لیکن در گام‌های نخستین به آن اندازه برای خلق فرضیات طراحی استفاده نشده است. توسعه‌های آتی در فنّاوری اطلاعات به ترکیب کاملی از همه گام‌های طراحی در یک گام پیوسته که مستلزم تبادل اطلاعات از شروع تا پایان و در سرتاسر طراحی است، انجام خواهد شد.

در پایان باید متذکر شد که فنّاوری اطلاعات به‌طور وسیع بر عملکرد کارها در طراحی مهندسی عمران و ساختمان در قرن بیستم مؤثر بوده است و تحول چشمگیری را در آینده طراحی در شروع هزاره جدید نوید می‌دهد.

مراجع

1. The Oxford English Dictionary, Second Edition, Vol. 7, Clarendon Press, Oxford, U.K., 1989.
2. The Random House Dictionary of the English Language, Unbridged Edition, Random House, Inc., 1971.
3. The New Encyclopaedia, Vol. 21, 1990.
4. The Engineering Index Annual, Engineering Information Inc., New Jersey, 1990-1995.
5. P. Hall and P. Preston, The Carrier Wave, Unwin Hyman Lts., London, 1988.
6. Structural Steel Tables, Zeitchrift des Osterr. Ingenieurund Architekten - Vereins, Vol. 70, nos. 51 and 52 pp. 539-542 and 549-555, Dec 20 and 27 1918.
7. R. Flemming, Reinders for the designer of steel structures. Eng. News-Rec. 1922,

88(7), pp. 271-273.

8. S.G. George and E.W. Rettger, Mechanics of Materials, McGraw-Hill Book Co., New York and London, 1935, pp. 483.
9. A.C. Mitchell, Company Library - How to Tap Vast Storehouse of Information. Am Gas Assn. Monthly, 21(3), 1940, pp. 93-96 and 118-119.
10. GF. Olsen, Functions and advantege of company technical library. Min. and Met. 1940, 21(403) pp. 33-40.
11. M. Holland, Dynamic organication of technical information, Tool Engr., 34(1):102-5, 1955.
12. R.K. Livesley, Application of electronic digital computer to some problems of structure analysis, Structural Engr., 34(1), 1946, pp. 1-12.
13. H. Brooks, Challenge to Civil Engineering, ASCE J. of Professional Div., Vol. 90, No. pp1 Paper 3750, 1964, pp. 21-28.
14. C.L. Miller and S.J. Fenves, Guide to Development and Use of Electronic Computer Programs - Computers and Programming. ASCE J. of Structural Div. 90(ST6):7-17, 1964.
15. R.D. Logcher and G.M. Struman, STRUDL - Computer System for Structural Design, ASCE J. of Structural Div. 92(ST6):191-211, 1966.
16. S.J. Fenves, Tabular Desision Logic for Structural Design, 92(ST6):473-490, 1966.
17. F.W. Swain, Guide to development and use electronic computer programs documentation, (U.S. bur. of Reclam., Denver). ASCE J. of Structural Div. 95(ST9):1825-36, 1969.
18. D. Bushnell, Computerized information retrival system, Lockheed, Palo Alto Res. Lab., Ca, Struct Mech Computer Programs. In: Symp. Papers Proc., Univ. of MD, College Park University Press of VA, Charlottesville, pp. 735-804, 1974,
19. R.H. Ewald, C.H. Goodspeed, R.A. Jones, R.R. Smith, D.R. Rehak, J.G. Voreades

and B.Y.C. Wong, Computer based technology transfer, ASCE Eng. Issues, J. Pfor. Act. 101(2), pp. 175-187, 1975.

20. O.W. Mintzer, Mini-format remote sensing for civil engineering, ASEC Transp. Eng. J. 104(6), pp. 847-858, 1978.
21. L.D. Brentano, Computers in a civil engineering facility design and analysis, ASCE Conf. on Computing in Civ. Eng., Atlanta, GA, pp. 449-464, 1978.
22. Jr. W.G. Tule and C.J. Berry Data bases for geographic facility design and analysis, ASCE Conf. on Computing in Civ. Eng., Atlanta, GA, pp. 685-699, 1978.
23. W.W. Black, Computer based models and graphics for engineering and design, ASCE Conf. on Computing in Civ. Eng., Atlanta, GA, pp. 685-699, 1978.
24. L.A. Lopez, R.H. Dodds, D.R. Rehak and J.L. Urzua, Application of data management to structures, ASCE Conf. on Computing in Civ. Eng., Atlanta, GA, pp. 477-488, 1978.
25. W. Rasdorf and S. Fenves, Design specification representation and anlysis, In; Proc. of 2nd ASCE Conf. on Computing in Civ. Eng., Baltimore, MD, pp. 102-111, 1980.
26. C.F. Beck, Business plan for the establishment of national business institute for computers in engineering (NICE). ASCE J. of Tehc. Council 107(1), pp. 196-198, 1981.
27. M. Takakazu, Special issue: Civil engineers and computers, Doboku Gakkai Shi 67(6), pp. 2-75, 1982.
28. R.W. Eck and H.B. Shill, Libraries, information, and the civil engineer: A minicoures approach. Civ. Eng. 4(2), pp. 24, 1982.
29. M.F. Rooney, S.E. Smith, Artifical intelligence in engineering design, Adv. and Trands in Struct. and Solid Mech., Washington, DC., 1982, Comput. Struct., 16(14), pp. 279-288, 1983.
30. C.L. Blackburn, O.O. Storaasltt and R.E. Fulton, Role and application of data base

management in integrated computer−aided design, J. Airer. 20(8), pp. 717-725, 1983.

31. S.Y. Change, S.L. Liaw and K. Lynn, Use of interactive programs in civil engineering education: An example. Civ. Eng. Educ. 7(2), pp. 1-10, 1985.
32. E.J. Marstiller and R.W. Eck, Status of Spreadsheet use in civil engineering departments, Civ. Eng. Educ. 8(1), pp. 19-24, 1986.
33. A.J.M. Soane, Structural engineering and IT, Structural Engineer, Part A 64A(12), pp. 379, 1986.
34. D. Kimble, Information technology today and tomorrow, Telecommunications Policy 11(4), pp. 377-389, 1987.
35. Mc. Er, Critical review of the literature on the organization impact of information technology. IEEE Technology and Society Magazine 8(2), pp. 17-23, 1989.
36. BZ. Ferranti, Information technologys impact on engineers education , internaional Journal of Applied engineering Education 5(6), pp. 663-666, 1989.
37. BE. Tuckwood, Use of information technology in construction related consultancies, Proc, Fourth Int. Conf. civ. Struct. Eng. Comput, CIVIL COMP 89, Edinburgh pp. 1-8, 1989.
38. GV. Roe, Thriving on change; Model for success in the 1990s. Journal of Surveying Engineering, 116(1), pp. 57-68, 1990.
39. UH. Ikwut-Ukwa, VE. Sanvido and LF. Geschwindner, Practice-based structural design information model (SDIM) Jornal of Management in Engineering, 7(4), pp. 390-411, 1991.
40. J. Williams, JD. Clark, The information explosion: Fact or myth? IEEE Trans. on Eng. Management, 39(1), pp. 79-84, 1992.
41. P. Gardner, Information technology; panacea or poison?/proc. 5th ASCE int. Conf. Comput. Civ. Build. Eng, V ICCCBE, 1358-1365, 1993.

42. ES. Agai, Total quality management for information technology Proc. 5th. ASCE Int. Conf. Comput.Civ.Build Eng., VICCCBE, pp.1163-1166, 1993.

43. D. Horn, Standards for digital exchange of information in the bulilding industry. Proc. 5th ASCE Int. Conf.comput Civ. Build.Eng. VICCCBE, pp. 1732-1729, 1993.

44. JF. Hemmett, Application of information technology in costruction Proc.5th ASCE Int, Conf. Comput.Civ.Build. Eng. VICCCBE, pp. 1571-1580, 1993.

45. TM. Lewis, Information technology in building design.
int. J. for Housing Science and Its Applications, 17(1), pp. 1-6, 1993.

46.ML. Valenzuela, GG. Deierlein and RN. White, A Structural engineering education image database, Proc. 5th ASCE Int Conf. Comput. Civ.Build. Eng., V ICCCBE, pp. 447-454, 1993.

47. AM. Fedorec, B. Knight and DF. Cowell, Hypertext support for planning and specification. Eighth Int. Conf. on Appl. of AI in Eng., 1, pp. 175-84, 1993.

48. A. Aminmansour, Multimedia technology and stuctural steel design. Proc. ASCE Struct. Congr.94 Atlanta, GA, pp. 315-320, 1994.

49. J. Breuer and M. Fischer, Managerial aspects of information technology strategies for A/E/C firms. J. of Management in Eng., 1O(4), pp. 52-59, 1994.

50. NC. Baker and O. EL Kordy, Mulamedia implications to structural engineering, Proc. of 11th ASCE Conf. on Anal. and Comp, Atlanta, GA, pp. 37-46, 1994.

51. JA. Vanegas and G. Smith, Muldmedia technologies for civil and construction engineering professional practice, Proc. of Lst ASCE Congr. on Comp. in Civil Eng., Washington, DC, pp. 592-599, 1994.

52. S. Newton, Predicting appropriate provisions for IT in building services. Institution of engineers, Australia, 2(94/11), pp. 785-90, 1994.

53. ML. Maher and B. Balachandran, Multimedia approach to case-haled structural design, J of Comp. in civil. Eng., 8(3), pp. 359-376, 1994.

54. RW. Marx, TIGER and Census Bureau data in a Gis: A powerful combination for civil engineers, Proc. of Lst.ASCE Congr on Comp. in civil Eng, Washington, DC, pp. 225-232, 1994.

55. PA. Mendis, Multimedia program for teaching strcutural design. proc. of lst IEEE Int. conf. on Multi-Media Engineering Education, melbourne, pp. 449-452, 1994.

56. S. Ford, G. Aouad, P. Brandon, F. Brown, T. Child, G. Cooper, J. Kirkham, R. Oxman and B. Young, Object oriented modelling of building design concepts, Building and Environment, 29(4), pp. 411-419, 1994.

57. S. Ford, GF. Aouad, JA. Kirkham, GS. Cooper, PS. Brandon and T. Child, Object-oriented approach to integrating design information. Microcomputers in Civil Engineering, 9(6), pp. 413-23, 1994.

58. JA. Vanegas and A. Opdebosch, Using simulation and visualization technologies to strengthen the design/construction interface , Proc. of Winter Sim. Conf, Buena Vista, FL, pp. 1137-1144, 1994.

59. A. Roos, Electronic data interchange-civil engineering industry quo vadis? Civil Engineering (Siviele Ingenieurswese), 3(7), pp. 15-17, 1995.

60. S. Ford, G. Aouad, J. Kirkham, P. Brandon, F. Brown, T. Child, G. Cooper, R. Oxman and B. Young, Information engineering approach to modelling building design. Automation in Construction, 4(1), pp. 5-15, 1995.

61. H. El-Bibany, M. Vande, P. Gowda, B. Braneg, J. Groth and K. Schuld, Information technology and education; Towards the virtual integrated architecture/engineering/ construction environment. proc. of 2nd ASCE Congr. on Comput. in Civil Eng. Atlanta, GA, 1, pp. 420-424, 1995.

62. DR. Jones, Introducing and managing IT in a civil engineering business, Proc. of Institution of Civil Engineers, Civil Engineering, 108(2), pp. 84-87, 1995.

63. A. Aminmansour, Multimedia technology and the steel industry. Modern Steel

Construction, 35(2), pp. 28-30, 1995.

64. H. Rivard, C. Bedard, KH. Ga and P. Fazio, Information model for the building envelope. Proc. of 2nd ASCE Congr. on Comput. in Civil Eng. Atlanta, GA, 1, pp. 302-309, 1995.

65. K. Ito, Object-oriented scheduling model for integrated schedule information; From design to construction management, Proc. of 2nd ASCE Congr. on Comput. in Civil Eng. Atlanta, GA, 1, pp. 494-501, 1995.

66. M.L. Maher, Using case-based reasoning for design media management. Proc, of 2nd ASCE Congr. on Comput, in Civil Eng, Atlanta, GA, 1, pp. 25-32, 1995.

67. DE. Grierson, Optimization of the conceptual design process. Proc, of Lst World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization, Glosar, Germany, pp. 819-826, 1995.

68. ML. Maher and J. Poon, Modeling design exploration as coevolution. Microcoputers in Civ. Eng., 11, pp. 195-209, 1996.

69. JS. Gero and VK. Kazakov, An exploration- based evolutionary model of a generative design process; Microcoputers in Civ.Eng., 11, pp. 211-218, 1996.

70. K. Hua, B. Faltings and I. Smith, CADRE; case-based geometric design, AI in Eng., 10, pp. 171-83, 1996.

71. DE. Grierson, Conceptual design optimization of structural systems, 3rd Int. Conf. on Computational Structures Technology, Budapest, Hungary, Aug21-23, 1996.

72. Wm. A. Wulf, Challenges for Computing and information technology in the twenty first cetury, Int. Conf. Engry. Tech. Sci., Beiging, Oct., 2000.

73. D.E. Grierson, Information technology in civil and structural engineering design in the twentieth century, Computers and Structures, 67, pp. 291-298, 1998.

۷۴. ابوالحسن وفایی، همایون اسمعیل‌پور استکانچی و قدرت‌ا... قدیمی، "نقش و جایگاه فناوری اطلاعات در بخش ساختمان"، مجله آموزش مهندسی ایران، شماره ۴، سال اول، زمستان ۱۳۷۸، ص. ۳۸-۲۳.

۷۵. فروز روشن‌بین، "کاربرد اطلاعات در مهندسی ساختمان"، مجله آموزش مهندسی ایران، شماره ۱، سال دوم، بهار ۱۳۷۹، ص. ۷۴-۵۱.

(تاریخ دریافت مقاله: ۷۹/۸/۲۹)