

## مروری بر کاربرد پژوهش عملیاتی در طراحی شهری

سید کامران یگانگی<sup>۱</sup>، امیر یوسف‌نیا<sup>۲</sup>

**چکیده-** پژوهش در عملیات حوزه‌ای از علم مدیریت است که در تمام علوم دیگر به نوعی ورود پیدا کرده است و به آنها در حل کردن معضلاتشان یاری رسانده است (هدف تمام مدل‌های ریاضی یا روش‌های پژوهش در عملیات تصمیم‌گیری و رسیدن به جواب بهینه است). پژوهش در عملیات با استفاده از مدل‌ها، تکنیک‌ها و اثبات، ریاضی، سعی در حل مسائل دارد ولی بنا به گستردگی و کاربرد وسیع آن به یک حوزه از علم تبدیل شده است. این مقاله به بررسی کاربرد پژوهش عملیاتی در حوزه طراحی شهری می‌پردازد. به کارگیری تکنیک‌های ناب پژوهش عملیاتی باعث تصمیم‌سازی بهینه در طراحی و مدیریت شهری خواهد بود.

**واژگان کلیدی:** پژوهش در عملیات؛ برنامه‌ریزی خطی؛ طراحی شهری

### مقدمه

اگر شهرسازی به مثابه مطالعه طرح‌ریزی و توسعه شهرها با مدنظر قرار دادن احتیاجات اجتماعی و اقتصادی با توجه به حداقل‌سازی مشکلات شهری و پاسخگویی به نیازهای عمومی جمعیت شهری در نظر گرفته شود، می‌توان آن را نوعی "سیستم" در نظر گرفت که به دنبال طرح و تنظیم نقشه‌های جدید، توزیع صحیح تأسیسات شهری، برنامه‌ریزی حمل‌ونقل مطلوب شهری و صدها فعالیت دیگر است. "سیستم" در عام‌ترین مفهوم آن مجموعه‌ای از عناصر مصنوع و غیرمصنوع - مثل انسان - است که تعامل و سازمان یافتگی نها به گونه‌ای است که می‌تواند با کنترل و توزیع منابع مادی، انرژی و اطلاعات به هدف مشخص شده‌ای برسد (کاتانیزی، ۱۳۷۱). با تعریفی که از سیستم ارائه شد، می‌توان کلیه فعالیت‌های شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری را مهندسی سیستم شهری نامید. از دیدگاه هیتون، مهندسی سیستم‌ها نامی است که در زمان حاضر در مورد فرایندهای مهندسی، برنامه‌ریزی، و طراحی ایجاد سیستم یا پروژه‌ای با پیچیدگی بسیار مورد پذیرش عمومی واقع شده است (هیتون، ۱۳۶۹). اسمیت نمود متمایزکننده طراحی یک سیستم را درجه پیچیدگی آن می‌داند. در کلیه حوزه‌های مهندسی

۱. استادیار گروه مهندسی صنایع، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران Email:yeganegi@iauz.ac.ir

۲ دانشجو کارشناسی ارشد، گروه مدیریت مالی، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران

سیستم‌ها - و مهندسی سیستم شهری - جریان کلی طراحی سیستم، نیازمند استفاده از مدل‌سازی ریاضی و روش‌های پژوهش در عملیات است. روش‌های پژوهش در عملیات در طول دهه‌های اخیر به کمک مهندسان شهرسازی شتافته و در بسیاری از موارد آنها را یاری رسانده است. ویژگی‌های اساسی پژوهش در عملیات، که آن را مناسب‌ترین روش مورد استفاده در مهندسی سیستم شهری می‌سازد، عبارتند از:

۱. برخورد سیستمی با مسئله و سنجش اثر نهایی هر عمل بر کل سیستم.
۲. به‌کارگیری روش علمی که فرایندی نظام‌مند همانند فرایند طراحی است.
۳. استفاده از گروه‌های کاری متشکل از متخصصان علوم مختلف.
۴. استفاده از مدل که در واقع انتخابی انتزاعی و به عبارتی تخمینی از واقعیت است.

## مطالعه ادبیات

### پژوهش در عملیات

پژوهش در عملیات یکی از زیرشاخه‌های ریاضیات کاربردی است، که جنبه‌های کاربردی آن در مهندسی صنایع مورد توجه قرار می‌گیرد. پژوهش در عملیات تکنیکی است به‌منظور به‌کار بستن روش‌های تحلیلی توسعه یافته، برای کمک به تصمیم‌گیری بهتر. پژوهش در عملیات با استفاده از روش‌هایی نظیر، مدل‌سازی ریاضی، برای تحلیل شرایط پیچیده، همواره به مدیران اجرایی توانایی اتخاذ تصمیم‌های مناسب‌تر و ایجاد سیستم کارا، بهینه و ثمربخش را خواهد داد. به‌طور خلاصه می‌توان پژوهش در عملیات را استفاده از مدل‌سازی ریاضی در حل مسائل واقعی به‌منظور تعیین مناسب‌ترین تصمیم ممکن دانست.

ابزارهای اصلی استفاده شده توسط پژوهش در عملیات مدل‌سازی ریاضی، بهینه‌سازی، آمار، نظریه گراف، نظریه بازی‌ها، نظریه صف، آنالیز تصمیم‌گیری و شبیه‌سازی است. به دلیل ماهیت محاسباتی این شاخه، پژوهش در عملیات با علوم کامپیوتر پیوند دارد و تحلیل‌گر پژوهش در عملیات معمولاً از نرم‌افزارها یا کدهای اختصاصی استفاده می‌کنند که توسط خودشان یا همکارانشان ایجاد شده‌اند. نرم‌افزارهای تجاری پژوهش در عملیات معمولاً با عنوان ابزارهای حل مسئله شناخته می‌شوند و قابلیت استفاده در نرم‌افزارها و کدهای خودنوشته را دارا هستند. ویژگی بارز پژوهش در عملیات نگاه کلی آن به سیستم‌ها و بهبود آن است و به جای آنکه بر یک یا چند جزء سیستم تمرکز کند تمام سیستم را مدنظر قرار می‌دهد. تحلیل‌گران پژوهش در عملیات معمولاً با مسائل جدیدی مواجه می‌شوند و باید تشخیص دهند که کدام‌یک از روش‌ها بیشتر با ساختار سیستم، اهداف بهبود و

قیدهای زمانی و توان محاسباتی منطبق است. به همین دلیل (و دلایل دیگر) نقش نیروی انسانی در پژوهش در عملیات حیاتی است. همانند ابزارهای دیگر، تکنیک‌های پژوهش در عملیات به تنهایی قادر به حل مسائل نیستند. برخی از نمونه‌های کاربرد پژوهش در عملیات به شرح زیر است:

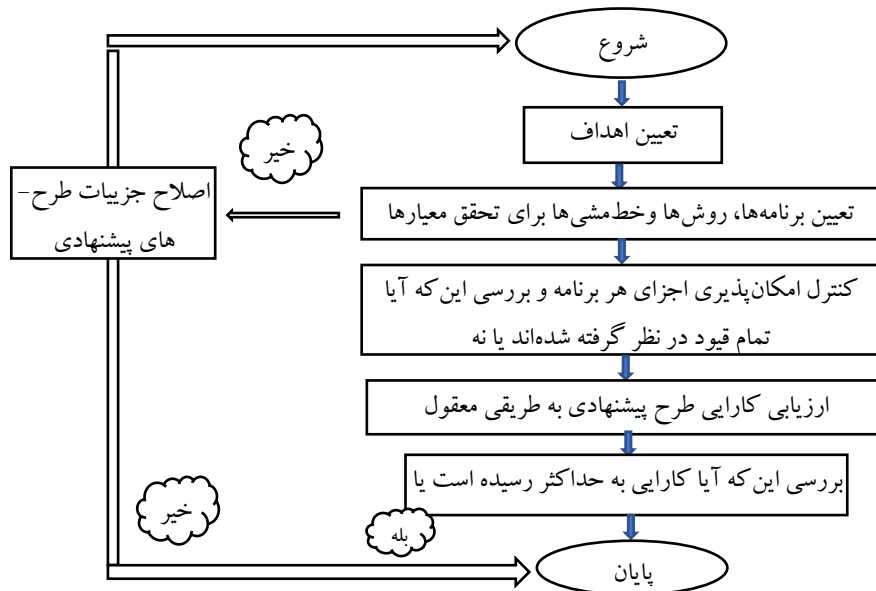
- مدیریت بهینه حمل و نقل کالا و مواد در شبکه‌های ارتباطی جاده‌ای، دریایی، هوایی و لوله‌های انتقال
- ارزیابی بهره‌وری، کارایی و اثربخشی
- برنامه‌ریزی زمانی جلسات مختلف در مدارس، دانشگاه‌ها و کنفرانس‌ها با هدف کاستن از زمان‌های تلف شده و افزایش اثربخشی آموزش
- تخصیص بهینه نیروهای کاری به مشاغل
- بودجه‌ریزی بهینه با هدف استفاده مؤثر از هزینه‌ها
- طراحی ساختار کارخانه‌ها با هدف جریان بهینه مواد و کالاها
- ایجاد شبکه‌های ارتباطی با کمترین هزینه و اطمینان از کیفیت خدمات
- مدیریت ترافیک خیابانی و جاده‌ای
- طراحی ساختار چپ‌های کامپیوتری با هدف کاهش زمان تولید
- مدیریت جریان مواد و کالا در زنجیره تأمین

پژوهش در عملیات به‌طور گسترده در سازمان‌ها و موسسات دولتی و خصوصی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به دلیل ماهیت آن، تحلیل‌گران پژوهش در عملیات می‌توانند با استفاده از دانش خود در حوزه‌های تخصصی دیگر وارد شوند.

### یافته‌های پژوهش

متخصصان شهرسازی - چه برنامه‌ریز شهری و چه طراح شهری در برنامه‌ها و مطالعات خود نیازمند استفاده از متخصصان علوم فیزیکی، جغرافیایی، اجتماعی، اقتصادی، هنری، سیاسی، فنی، حقوقی و روان‌شناسی است تا خلاقیت طراحی خود را در ایجاد رابطه منطقی و بهینه بین انسان و محیط زیست به منصف ظهور برسانند. یعنی آنها دقیقاً به‌عنوان مهندس سیستم عمل می‌کنند و مهمترین وظیفه مهندس سیستم داشتن خلاقیت طراحی است. منظور از خلاقیت طراحی آن است که شهرساز فرایند زیر را در طراحی و برنامه‌ریزی طرح مدنظر قرار دهد. فرایند مذکور شامل چهار فعالیت است:

- تعیین اهداف و معیارهای طراحی؛ ایجاد طرح‌هایی که بتوان گزینه مطلوب را از بین آنها برگزید؛ بررسی امکان‌پذیری اجرای پیشنهادها؛ و
  - بهینه‌سازی و پالایش طرح برای به حداکثر رساندن کارایی آن نمودار شماره ۱ این فرایند را به صورت نموداری تبیین می‌کند.
- شهرساز به‌عنوان مهندس سیستم برای تکمیل فرایند طراحی:
- محدوده‌های تخصصی مختلف را تعریف می‌کند و مشخص می‌سازد
  - دانش و مهارت‌های موردنیاز گروه‌های کاری (متخصص) را گردآوری می‌کند؛ و - فعالیت بخش‌های مختلف را برای رسیدن به نتیجه نهایی هماهنگ می‌سازد (هال، ۱۳۸۱ هیتون (۱۳۶۹).
- فرایند طراحی دقیقاً همان مراحل طی است که در علم تحقیق در عملیات طی می‌گردد آشنایی شهرساز با روش‌های تحقیق در عملیات و استفاده صحیح از آنها منجر به بهبود فرایند طراحی می‌گردد.



شکل شماره ۱- نمودار جریان برای تبیین روش‌های طراحی

### رابطه پژوهش در عملیات و شهرسازی

مطالعه نظام‌مند مسائل تصمیم‌گیری تا قبل از جنگ جهانی دوم به صورت عملی وجود خارجی نداشت در این برهه ناکافی و ناکارآمد بودن برنامه‌ریزی‌هایی که تنها براساس تجربیات گذشته استوار شده بود، بر همگان روشن شد با گذشت زمان نیاز به روش‌های برنامه‌ریزی و پیش‌بینی جدید مبتنی بر اصول ریاضی ملاحظه گردید و پس از پایان جنگ شدت بیشتری پیدا کرد. فعالیت‌های تحقیقاتی در این زمینه به قدری افزایش یافت که حوالی سال ۱۹۵۰ دانش جدید پژوهش در عملیات به وجود آمد. در ادامه این حرکت به روش‌های طراحی سیستم‌ها توجه خاصی گردید.

گسترش احتیاجات متعدد در شهرها نیاز به پاسخگویی سریع به مشکلات، جمعیتی لزوم استفاده بهینه از منابع در دسترس، ضرورت حداقل سازی مشکلات شهری توسعه شهری و نظایر اینها از جمله نیازهایی بودند که پای علم پژوهش در عملیات را به حوزه مسائل شهری باز کردند مدل‌های کاربری اراضی و حمل و نقل اولین مدل‌هایی بودند که در شهرسازی مورد استفاده قرار گرفتند که از آن جمله می‌توان به مطالعات حمل و نقل منطقه شیکاگو در اواسط دهه ۱۹۵۰ اشاره کرد.

پیش از آنکه از روش‌های پژوهش در عملیات در تصمیم‌گیری‌های شهری مورد استفاده قرار گیرد، مسائل شهری در تمامی نقاط جهان با استناد به تجربه حل می‌شدند شهرسازان پس از مواجهه با مشکلات پدید آمده ناشی از این روش‌های تصمیم‌گیری و همزمان با ارائه روش‌های پژوهش در عملیات توجه خود را به این سمت معطوف ساختند با گذشت زمان و پیچیده‌تر شدن امور شهری تفکر سیستمی رویکرد تازه آنها به مسائل شهری بود. براساس این رویکرد هر شهر ساز - چه به عنوان برنامه‌ریز و چه به عنوان طراح به اینها نیاز داشت:

- تصمیم‌گیری در شرایط چند متغیره؛
- رویارویی با شرایط غیر قطعی (احتمالی)؛
- تجمع تخصص‌های مختلف
- استفاده مقتضی و مناسب از منابع محدود؛
- سرعت عمل در ارائه نتایج تصمیم؛
- داشتن جواب‌های عملی (موجه) با توجه به شرایط تمامی متخصصان درگیر تلفیق آرای تمامی متخصصان؛
- اتکا به تمامی اطلاعات در زمان واحد؛

- دخالت نقش زمان در بهبود تصمیم؛
  - و نظایر اینها (هال ۱۳۸۱، کاتانیزی ۱۳۷۱)
- علمای پژوهش در عملیات با ارائه روش‌های نو و متعدد همواره راهگشای مهندسان سیستم در پاسخگویی به این نیازها بوده‌اند. این روش‌ها به طریق زیر همواره به کمک سیستم‌های شهری آمده‌اند:
- استفاده از مدل‌سازی ریاضی و ایجاد امکان تصمیم‌گیری چند متغیره؛
  - ارائه روش‌های پارامتریک احتمالی و فازی امکان تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان؛
  - ارائه روش‌های برنامه‌ریزی پویا برای تصمیمات چند مرحله‌ای؛
  - استفاده از نرم‌افزارهای مختلف برای نتیجه‌گیری سریع؛
  - رعایت اصول و مبانی ریاضی برای موجه باقی ماندن جواب‌ها.
- بین نیازهای مهندسی سیستم شهری و ابزارهای متعدد پژوهش در عملیات ارتباطی تنگاتنگ و ملموس دیده می‌شود. نمونه‌های کاربردی که در ادامه ذکر می‌گردند عمق این ارتباط را مشخص می‌کند.

### کاربرد پژوهش در عملیات در طراحی سیستم شهری

اکنون کاربرد روش‌های متعدد پژوهش در عملیات در مسائل شهری قدمت زیادی یافته به گونه‌ای که از سالیان دور ساخت مدل ریاضی برای مسائل و معضلات شهری و یافتن جواب بهینه متداول شده است. در این بخش کاربرد هر یک از روش‌ها در توسعه شهری به اختصار تشریح می‌شود.

#### الف - طراحی سیستم شهری و برنامه‌ریزی خطی

با بررسی پژوهش‌های برنامه‌ریزان شهری می‌توان به آسانی کاربردهای مدل‌های خطی را در مسائل شهری مشاهده کرد. استفاده از مدل‌های خطی در انواع تجزیه و تحلیل‌های شهری به سبب سادگی نسبی و دقت این مدل‌ها کاملاً متداول و مقبول است. به هنگام استفاده از این مدل‌ها فرض بر آن است که رابطه بین متغیرها در تابع هدف و محدودیت‌های مدل کاملاً خطی است.

در سال ۱۹۲۹ رابلی اولین مدل مرتبط با سیستم شهری را با عنوان مدل جاذبه خرده‌فروشی ارائه داد که در مکان‌یابی مراکز خرید کاربرد داشت از ابتدایی‌ترین مدل‌های خطی جهان حقیقی که به دست شهرسازان ساخته شد مدل بهینه‌سازی کل رفت و آمدهایی بود که خانواده‌هایی با تعداد افراد متفاوت در ناحیه ویسکانسین انجام می‌دادند. این تحقیق به پیشنهاد شورای برنامه‌ریزی ناحیه‌ای ویسکانسین و به منظور برآورد و پیش‌بینی رفت-

و آمده‌های خانوارها ساخته شد مدل مهاجرت ناحیه ویسکانسین نیز از مدل‌های خطی است که به پیشگویی نحوه تغییر محل سکونت، مردم چه در داخل این ناحیه و چه در خارج آن می‌پردازد در مدل کوشش شده است بهینه‌سازی طول مسافتی که مردم در طول روز برای رسیدن به محل کار خود از خانه‌هایشان طی می‌کردند، انجام پذیرد (کاتانیزی - ۱۳۷۱)

استیلول نتایج مدل‌های خطی بارلو را در بررسی تأثیر ساختار صنعتی بر رشد اشتغال تحلیل کرد. این مدل برای بریتانیا و طی دوره‌های سه گانه در سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۸ طراحی شده است (تمپلمن، ۱۳۸۱). مدل‌های خطی را می‌توان در مسائل ترافیک جایابی بیمارستان‌ها مدارس دانشگاه‌ها، تأسیس جایگاه‌های رفاهی و بسیاری از مسائل شهری به کار برد در اوایل دهه ۶۰ چپین مدل خطی جدیدی را به نام UNC ارائه کرد که با استفاده از رگرسیون چند متغیره برای پیش‌بینی تبدیل زمین‌های بایر شهری به کاربری مسکونی به کار می‌رفت و مشخص می‌کرد که کدام‌یک از زمین‌ها در مراحل رشد قبل از بقیه به کاربری مسکونی اختصاص می‌یابند. در این مدل هر قطعه شاخصی به نام شاخصی جذابیت داشت که وابسته به پارامترهای زیر بود:

- ارزش اولیه زمین
- وجود فاضلاب عمومی؛
- دسترسی به نزدیک‌ترین خیابان اصلی؛
- دسترسی به نزدیک‌ترین مدرسه ابتدایی؛
- دسترسی به نواحی کار

### ب- طراحی سیستم شهری و مدل‌های غیر خطی

در مسائل شهری زمان عامل بسیار مؤثری است. بر اثر گذر زمان سیستم‌های مختلف در معرض تغییرات عمده قرار می‌گیرند و مدل‌های غیرخطی در چنین مواردی اهمیت می‌یابند برخی مدل‌های غیر خطی ذاتاً خطی‌اند؛ یعنی می‌توان آنها را با روش‌هایی به مدل‌های خطی تبدیل کرد این نوع مدل‌ها در شهرسازی مورد توجه قرار گرفته و در بسیاری از تحقیقات شهرسازی به کار رفته‌اند.

مدل‌های مضروبی، تابعی، توانی درجه دوم و سوم و لجستیک نمونه‌هایی از مدل‌های ذاتاً غیرخطی هستند که نمی‌توان آنها را به مدل‌های خطی تبدیل کرد فاتر مدل تابعی توانی را در تجزیه و تحلیل حمل و نقل شهری مورد استفاده قرار داد. او طریق بهینه کاهش ترافیک را نسبت به مسافت توصیف کرد و مدل وی در ناحیه کریسنت امریکا به اجرا گذاشته شد.

مدل‌های توانی برای گروهی از مسائل شهری که در آنها متغیرها برحسب زمان تغییر می‌یابند یا به سبب رشد افزایش می‌یابند قابل استفاده‌اند.

نمونه‌ای از این مدل‌ها مطالعات حمل‌ونقل است مدل چند جمله‌ای درجه دوم در تحقیقات تقاضای مسکن شهر آتلانتا در طی زمان بلندمدت مورد استفاده قرار گرفت (Ibid).

### پ - طراحی سیستم شهری و مدل‌های احتمالی

جهان واقعی سیستم‌های شهری اغلب پیچیده‌تر از آن چیزی است که در مدل‌های قطعی مطرح می‌شوند و تحت شرایط نامطمئن عمل می‌کنند از همین روست که نیاز به مدل‌های احتمالی مطرح می‌شود. مدل‌های احتمالی را به دو دسته مدل‌های با متغیر تصادفی گسسته و متغیر تصادفی پیوسته تقسیم‌بندی می‌کنند. مدل‌های گسسته کاربرد وسیعی در مسائل شهری دارند چون متغیرهای مورد استفاده در تحقیقات شهری دارای چنین وضعیتی هستند.

توزیع پواسن از نوع مدل‌های گسسته است که در مدل‌های صف برای یافتن انتظار مانند خدمات متنوع شهری (پارک‌ها، بانک‌ها، پلیس و جز آن) مورد استفاده قرار می‌گیرند توزیع گاما از نوع مدل‌های پیوسته است. این مدل بیشتر برای تحقیقات ترافیک و سرمایه‌گذاری‌ها به کار گرفته شده است. مدل مذکور در شهر تورنتو و برای محاسبه طول رفت و آمد روزانه مردم با وسایط نقلیه در حوزه شهر به اجرا گذاشته شد (رائو، ۱۳۷۳).

به‌علاوه شهرسازان مدل‌های برآوردی، خطی، غیرخطی و احتمالی را همانند مثال‌های پیش گفته به کار می‌گیرند. از این مدل‌ها برای بهینه‌سازی نیز استفاده می‌شود. مدل‌های بهینه‌ساز نشان می‌دهند که بهترین راه عمل سیستم‌های شهری تحت شرایط گوناگون در زمان‌های آینده چه خواهد بود.

تکنیک‌های ریاضی بهینه‌یاب به دو علت مورد توجه برنامه‌ریزان قرار گرفته است: اول - آنکه فرایند ارزیابی متداول مطلوب نیست. این بدان علت است که این امکان وجود دارد که راه‌حل‌های بهتر داشته ناشناخته‌ای وجود باشد، در حالی که در این موارد در مورد تعداد راه‌حل‌هایی که میتوان مورد ارزیابی قرار داد همیشه محدودیت‌هایی وجود دارد. دوم - آنکه به نظر می‌رسد رابطه مستقیمی بین هدف‌های مهم برنامه‌ریزی و مسائلی که برای حل آنها تکنیک‌های برنامه‌ریزی ساخته شده است وجود دارد نمونه‌هایی از این مدل‌ها عبارتند از:



- ✓ مدل استفاده از امکانات تونل لینکلن که به دلیل افزایش تعداد خودروها ایجاد معضل کرده بود. برای بهینه‌سازی جریان ترافیک در داخل تونل مدلی را ارائه و پس از حل مشخص کردند که حداکثر سرعت داخل تونل فاصله بین خودروها و حداکثر تعداد خودرو در داخل تونل (ظرفیت تونل) چقدر باشد.
- ✓ مدل ارزشیابی طرح و حداقل‌سازی هزینه در تعیین مسیر و محل بزرگراه‌های سیستم شهری شیکاگو پس از تعیین مقاصد، طول بزرگراه‌ها مخارج رفت و آمدها، تراکم و جز اینها مدلی ارائه شد که کل هزینه‌های ساخت و تردد را به حداقل رساندند و این مدل مبنای توسعه بزرگراه‌های شیکاگو گردید (کاتایتزی ۱۳۷۱)

### خلاصه و نتیجه‌گیری

پژوهش در عملیات همانا به کارگیری مجموعه روش‌هایی است که با برنامه‌ریزی ارزیابی و کنترل سیستم‌های عملیاتی سروکار دارد و به واسطه نیازهای متعدد در حوزهای علمی مختلف جای باز کرده است. با ارائه اولین تعاریف از مهندسی سیستم‌ها در سال ۱۹۶۰ جای پای پژوهش در عملیات در مسائل شهری نیز مشاهده می‌شود. روش‌های مختلف پژوهش در عملیات را می‌توان به سهولت در مسائل شهری مورد استفاده قرار داد و به نتایج مهمی نیز دست یافت. امروزه هیچ حوزه‌ای از مسائل شهری وجود ندارد که نتوان از این روش‌ها برای تصمیم‌گیری در آن استفاده کرد. روش‌های مختلف خطی غیرخطی و پویا بسته به نوع نیاز شهرسازان در حوزه‌های شهرسازی به کار گرفته شده‌اند، که نمونه‌هایی از آنها آورده شد. ابزارهای تحلیل تحقیق در عملیات دامنه گسترده‌ای از مفاهیم و فنون را در برمی‌گیرند که به منظور درک و بیان ماهیت شهرها و پیش‌بینی پیامدهای تغییرات آنها شکل گرفته و توسعه یافته‌اند. اگر قرار است مدلی برای فرم شهر در دست احداث ارائه کرد و یا در فکر ایجاد فرم محیط بود، می‌توان روش‌های پژوهش در عملیات را به کار گرفت. مصرف نواحی شهر نیز با مدل‌های تخصیص و جایابی به سهولت طرح شدنی است از مدل‌های تحقیق در عملیات می‌توان برای بهینه‌سازی ترابری و برآوردهای لازم برای آن استفاده کرد. اینها تنها نمونه‌هایی از مدل‌های اولیه پژوهش در عملیات‌اند که حکم ابزارهای شهرسازان را دارند.

## منابع

۱. مهرگان، محمدرضا (۱۳۹۱). پژوهش‌های عملیاتی. تهران: نشر کتاب دانشگاهی.
۲. کاتلنیزی، آ. روش‌های علمی و تحلیل مسائل شهری. ترجمه: منوچهر مزینی (۱۳۷۱). تهران: انتشارات دانشگاه تهران
۳. هل، پیتر. برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. ترجمه: جلال تبریزی (۱۳۸۱). تهران: انتشارات پردازش و برنامه‌ریزی شهری
۴. تمپلمن، آ. سیستم‌های مهندسی عمران. ترجمه: محمدهادی افشا (۱۳۸۱). اهواز: انتشارات دانشگاه شهیدچمران
۵. راثو، اس. اس. بهینه‌سازی (تئوری و کاربرد). ترجمه: سیدمحمد مهدی شهیدی‌پور (۱۳۷۳). مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی
۶. شیعه، اسماعیل (۱۳۷۶). مقدمه‌ای بر مبنای برنامه‌ریزی شهری. تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران
۷. هیلیر، ولیبرمن. برنامه‌ریزی ریاضی. ترجمه: محمد مدرس و آصف وزیری (۱۳۷۰). تهران: انتشارات جوان
8. Wilkes FM, 1997 Elements of Operations Research, McGraw Hill
9. Chang & Sullivan, 1988 Quantitative System for Business, prentice-Hall