فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران/ دورهٔ ششم، شمارهٔ دوم، تابستان ۱۳۹۵
Disaster Prevention and Management Knowledge (DPMK)
Quarterly, Vol.6, No. 2 (Summer 2016)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۰۲

# محاسباتِ فراگیر (محاسبات همه‌جاحاضر)، ابزاری کاربردی جهت بهبودِ کیفیتِ فرآیندِ مدیریتِ بحران

**علیرضا صالحان[۱]،حسین دلداری[۲] و سعید ابریشمی[۳]**

۱. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران salehan.alireza@stu.um.ac.ir

۲. دانشیار، عضو هیات علمی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران (نویسندهٔ مسئول) hd@um.ac.ir

۳. استادیار، عضو هیات علمی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران s-abrishami@um.ac.ir

## چکیده

**زمینه و هدف**: امروزه محاسبات فراگیر نقش به‌سزایی در زندگی روزمره افراد در سرتاسر جهان داشته و توانسته در کاربردهای متفاوتی ظهور پیدا کند. این نوع محاسبات که هدف آن مخفی کردن فناوری‌های محاسباتی در بطن زندگی بشر است، قابلیت‌های فراوانی را در ابعاد مختلف زندگی روزمره از ترافیک و مدیریتِ حمل و نقل گرفته تا سلامتی و درمان به وجود آورده است. از طرف دیگر، مدیریت بحران یکی از چالش‌برانگیزترین گونه‌های مدیریتی است که بَرَوز هرگونه خطا و اشتباه در آن، ممکن است منجر به رخداد تلفات مادی و انسانی زیادی شود. هدف اصلی در این مقاله، بکارگیری محاسبات فراگیر در راستای بهبودِ فرآیندِ مدیریتِ بحران می‌باشد؛ به‌طوری‌که فناوری‌های این نوع محاسبات با در اختیار قرار دادن اطلاعات لازم، مدیران را در تصمیم‌گیری هر چه بهتر در شرایط بحران کمک کنند.

**روش**: در این مقاله ضمن پرداختن به ویژگی‌های کلیدی فعالیت‌های موجود در چرخه عمر مدیریت بحران، به کاربرد محاسبات فراگیر در راستای تصمیم‌گیری‌های بهتر در شرایط بحرانی پرداخته خواهد شد و ضمن برجسته کردن فناوری‌های قابل استفاده در این حوزه، یکی از موارد رویدادهای بحرانی غیرمترقبه در محیط‌های شهری (آتش‌سوزی) انتخاب خواهد شد و تاثیر فناوری‌های فراگیر قابل استفاده بر نحوهٔ مدیریت این بحران از طریق یکسری شبیه‌سازی مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. به این منظور، ابتدا یک سناریو برای یک سیستم اعلام حریق فراگیر در داخل یک هتل توسعه داده خواهد شد و براساس آن، یک معماری نرم‌افزاری سلسله‌مراتبی شامل سه لایه معرفی خواهد شد تا نیازهای سناریوی توسعه داده شده را فراهم کند. در ادامه نیز برمبنای معماری پیشنهادی، وظایف مدیریت بحران به فناوری‌های فراگیر نگاشت داده خواهند شد تا امکان شبیه‌سازی و محاسبهٔ میزان بهبود احتمالی پس از استفاده از سیستم اعلام حریق فراگیر فراهم آید.

**یافته‌ها و نتیجه‌گیری**: برای ارزیابی روش سعی شده است بر مبنای چندین سناریوی مشخص از رویداد آتش‌سوزی در داخل یک هتل و همچنین براساس میزان و تعداد فناوری‌های فراگیر قابل استفاده، سرعت تصمیم‌گیری و مدیریت بحران در هنگام آتش‌سوزی به منظور اطلاع‌رسانی خطرات آن و نجات افراد مستقر در مکان آتش‌سوزی سنجیده شود. نتایج حاصل شده بیانگر این موضوع هستند که هر چقدر از فناوری‌های موجود در محاسبات فراگیر بیشتر استفاده شود، تعداد افراد نجات‌یافته در هنگام آتش‌سوزی، همچنین کنترل بحران و مدیریت آن به طور چشمگیری بهبود خواهد داشت.

**واژه‌های کلیدی**: محاسبات فراگیر، محاسبات همه‌جا حاضر، مدیریت بحران، رویدادهای غیرمترقبه، شبیه‌سازی، فناوری.

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰)**: صالحان، علیرضا؛ دلداری، حسین؛ ابریشمی، سعید (تابستان۱۳۹۵).محاسباتِ فراگیر (محاسبات همه‌جاحاضر)، ابزاری کاربردی جهت بهبودِ کیفیتِ فرآیندِ مدیریتِ بحران. *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، *۶* (۲)، ۱۳۳-۱۴۸.

# Pervasive computing (ubiquitous computing), a functional tool for improvement the quality of crisis management process

**Alireza Salehan[1], Hossein Deldari[2] & Saeid Abrishami[3]**

1 PhD Student, Department of Computer Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Iran salehan.alireza@stu.um.ac.ir

2. Associate Professor, Department of Computer Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Iran hd@um.ac.ir

3. Assistant Professor, Department of Computer Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Iran s-abrishami@um.ac.ir

## Abstract

Background and Objective: Today, pervasive computing has a significant role in the daily lives of people around the world and has been able to emerge in the different applications. This type of computing that aims to hide the computing technologies at the heart of human life has created many capabilities in different aspects of everyday life from traffic and transport management to health and treatment applications. On the other hand, crisis management is one of the most challenging forms of management that any mistake in it may increase the incidence of human and material losses. The main purpose of this article is using pervasive computing to improve the process of crisis management; So that, the technologies of this type of computing help managers in better decision-making in crisis situations by providing the necessary information.

Method: In this paper, we address the key characteristics of existing activities in the life cycle of crisis management and we discuss the pervasive computing applications in order to make better decisions in critical situations. For this purpose, besides highlighting the technologies usable in this field, one of the areas of unexpected critical events in urban environments (fire) will be selected and the impact of pervasive technologies available on how to manage this crisis will be evaluated through a series of simulations. For this purpose, at first, a scenario for a pervasive fire alarm system will be developed into a hotel and then based on that, a hierarchical software architecture consists of three layers will be introduced to provide the needs of developed scenario. In the following, based on the proposed architecture, the tasks of crisis management will be mapped to pervasive technologies to the ability of simulation and measurement of the amount of potential improvement be provided after the use of pervasive fire alarm system.

Evaluation and Results: For evaluating the method, we have tried based on several specific scenarios of fire event (in a hotel) and also based on the amount and number of used pervasive technologies, measure the speed of decision-making and crisis management in order to inform its risks and save people settled in places with fire. The results show that whatever the existing technologies in pervasive computing used more, the number of people saved in the fire, as well as the control and management of crisis will improve dramatically.

Type of Paper: Research article.

Keywords: Pervasive Computing, Ubiquitous Computing, Crisis Management, Unexpected Events, Simulation, Technology.

▶**Citation (APA 6th ed.):** Salehan, A. Deldari, H. Abrishami, S. (2016, Summer). Pervasive computing (ubiquitous computing), a functional tool for improvement the quality of crisis management process. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK), 6*(2), 133-148.

## مقدمه

از زمانی که وایزر[1] (۱۹۹۱) برای نخستین بار در سال ۱۹۹۱ مفهوم محاسبات فراگیر[2] یا محاسبات همه‌جاحاضر[3] را مطرح کرد، فناوری‌های موجود در دنیا دست‌خوش تغییرات بسیار زیادی شده است. این تغییرات باعث شده‌اند تا بتوان از این گونهٔ محاسباتی در اکثر کاربردهای روزمره استفاده کرد. از آن زمان تا به حال، فناوری‌های محاسبات فراگیر در طیف وسیعی از مفاهیم و کاربردها از جمله آموزش، علوم مختلف، صنایع دفاعی، سلامت و درمان و سایر خدمات عمومی به کار گرفته شده است (چاینی و رت‌لیف[4]، ۲۰۰۵، لُبک و پالمر[5]، ۲۰۰۶، سارا[6]، ۲۰۰۳، شانون و همکاران[7]، ۲۰۰۶). با این وجود، هنوز قابلیت‌های این فناوریِ رو به رشد، به درستی درک نشده است و همچنین ارزیابی کارایی این چنین فناوری بر روی کاربردهای مختلف، خود یک مسئلهٔ بغرنج و پیچیده می‌باشد (دیویس و گلرسن[8]، ۲۰۰۲). به عبارت دیگر اثبات این مطلب که استفاده از محاسبات فراگیر برای یک کاربرد خاص، عملکرد و کارایی آن کاربرد را تا چه حدی بهبود می‌بخشد (یا اینکه چقدر بر عملکرد آن کاربرد تاثیر منفی دارد)، کاری سخت و دشوار است.

این مقاله بر تاثیر استفاده از محاسبات فراگیر بر روی افزایش کارایی فرآیند مدیریت در هنگام رویدادهای بحرانی تمرکز دارد. از آنجایی که در هنگام بُروز حالات بحرانی، بهره‌گیری هر چه بیشتر مدیران از فناوری اطلاعات و به خصوص سیستم‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری که در اتخاذ تصمیمات مناسب مفید هستند، نقش بسیار مهمی در کاهش تلفات مادی و انسانی خواهد داشت، از این رو سعی شده است تا با اِعمال محاسبات فراگیر بر روی این گونهٔ مدیریتی، به مدیران در امر مدیریتِ هر چه بهتر محیط و سیستم کمک گردد. در این راستا، ضمن مروری بر اجزاء و مؤلفه‌های محاسبات فراگیر از یکطرف و ویژگی‌ها و نیازهای چرخهٔ عمر مدیریت بحران از طرف دیگر، یک سناریوی معین که در بر گیرندهٔ یک کاربرد مشخص از وضعیت بحرانی پیش آمده در هنگام آتش‌سوزی می‌باشد، در نظر گرفته خواهد شد و بر این اساس، مزایای قابل دستیابی پس از استفاده از فناوری‌های موجود در محاسبات فراگیر به منظور مهار آتش و نجات افراد مورد بررسی قرار خواهد گرفت و یک مقایسه با حالت سنتی که در آن از هیچ فناوری فراگیری استفاده نشده است، صورت خواهد پذیرفت. در نهایت نتایج حاصل از شبیه‌سازی مورد تحلیل قرار خواهند گرفت.

چنانچه بخواهیم یک دسته‌بندی براساس نقش کامپیوترها و میزان نفوذ آنها در زندگی روزمره را بیان کنیم، می‌توانیم سه دوره مختلف را برای آنها در نظر بگیریم. دوره اول، دوره‌ای را در بر می‌گیرد که در آن کامپیوترهای بزرگ و ابر کامپیوترها نقشی اساسی در انجام محاسبات را ایفا می‌کردند. در این دوره به دلیل بالا بودن هزینه‌های خرید و استفاده، شاید همگان نمی‌توانستند برای انجام پردازشهای خود از این نوع کامپیوترها بهره بگیرند و تقریباً کامپیوترها به دستگاههایی خاص منظوره تبدیل شده بودند. با پیشرفت فناوری و عرضهٔ کامپیوترهای شخصی، انتقال به دوره دوم یا همان عصر محاسبات همه‌منظوره صورت پذیرفت. در این دوران که هم اکنون نیز در آن به سر می‌بریم، کامپیوترهای شخصی تقریباً در اکثر مکان‌ها حضور داشته و دارند و به دلیل قیمت نسبتاً پایین و در دسترس بودن نرم‌افزارهای این نوع کامپیوترها، همه اقشار می‌توانند بصورت گسترده‌ای از این نوع کامپیوترها بهره بگیرند؛ ضمن آنکه در این دوره، روال محاسبات نیز دستخوش تحولات بسیار زیادی شده است و مدلهای جدیدی از محاسبات با کارایی بالا[9] از جمله محاسبات مشبک[10]، محاسبات توزیع شده[11]، محاسبات موازی[12]، محاسبات ابری[13] و غیره نیز پا به عرصه وجود نهاده‌اند. اما این پایان ماجرا نیست و به دلیل رشد فناوریهای ساخت و تولید پردازشگرها و ظهور دستگاههای محاسبه‌گر مدرن، در حال حاضر شاهد ورود کامپیوترهایی هستیم که علاوه بر برخورداری از مزایایی همچون کوچک بودن و سریع بودن، می‌توانند همان

1. Weiser
2. Pervasive Computing
3. Ubiquitous Computing
4. Chainey and Ratcliffe
5. Loebbecke and Palmer
6. Sara
7. Shannon et al.
8. Davies and Gellersen
9. High Performance Computing (HPC)
10. Grid Computing
11. Distributed Computing
12. Parallel Computing
13. Cloud Computing

قابلیتهای کامپیوترهای شخصی را نیز در اغلب موارد فراهم کنند. تلفن‌های همراه هوشمند نمونه‌ای از این کامپیوترها هستند. این تحول شگرف باعث گذار به دوره‌ای از محاسبات جدید شده است که از آن تحت عنوان محاسبات فراگیر یاد می‌شود.

مفهوم محاسبات فراگیر که به آن محاسبات همه جا حاضر هم گفته می‌شود، برای اولین بار توسط مارک وایزر به عنوان یک الگوی جدید از محاسبات توزیع‌شده پیشنهاد شد. طبق تعریف اولیه او، محاسبات فراگیر از طریق «در دسترس قرار دادن تعداد بسیار زیادی کامپیوتر در دنیای فیزیکی ضمن نامرئی کردن آنها از چشم کاربر»، استفاده از کامپیوترها و فناوریهای مرتبط با آنها را بهبود می‌بخشد (وایزر، ۱۹۹۱). وی بازه سالهای بین ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ را به‌عنوان دوره عبور از نسل پیشین محاسبات توزیع‌شده (که کامپیوترهای شخصی مهمترین نقش را در آن ایفا می‌کنند) به عصر جدید محاسبات فراگیر پیش‌بینی کرد (وایزر، ۱۹۹۳). پس از ابداع فناوری‌های محاسباتی و ارتباطی موردنیاز برای محاسبات فراگیر مانند کامپیوترهای مچی و پوشیدنی، شبکه‌های بی‌سیم، حسگرهای مختلف، دستگاههای موبایل، دستیارهای شخصی دیجیتال، کامپیوترهای قابل‌حمل در اندازه‌های مختلف و کنترل کننده‌های وسایل برقی، اکنون در موقعیت بهتری برای تحقق محاسبات فراگیر قرار داریم و در حقیقت این فناوری‌ها می‌توانند زیرساخت محاسبات فراگیر را تأمین کنند.

در طول دوره‌های قبلی، در واقع کامپیوترها به‌عنوان ابزاری جهت کمک و همیاری کاربران به شمار می‌رفتند و عصر محاسبات فراگیر نیز ضمن ادامه همین روند، کاربران را قادر خواهد ساخت تا بدون درگیر شدن با یکسری اعمال ورودی و خروجی رایج، خواسته‌های خود از کامپیوتر را به شکلی ساده‌تر برآورده کنند (گابریل[1]، ۲۰۰۶، ژاوهوی[2]، ۲۰۰۳، کوک و ساجال[3]، ۲۰۱۲).

به عنوان مثال فرض کنید یک شخص در شلوغ‌ترین ساعت روز، قصد مراجعه به محل کار خود را داشته باشد. در حالت سنتی شخص باید بدون هیچ‌گونه برنامه‌ریزی قبلی و یا تنها با اتکا به اخبار رادیوی محلی در مورد ترافیک خیابان‌ها (فارغ از زمان پخش آن)، مسیر را طی کرده و پس از مدت زمانی طولانی به محل کار خود برسد. در سناریویی بهتر، شخص سعی خواهد کرد از کامپیوتر قابل حمل خود و یا دستگاه موقعیت‌یاب سراسری[4] نصب شده بر روی اتومبیلش بهره گرفته و وضعیت ترافیکی مسیر پیش‌روی خود را بررسی نماید تا بهترین و خلوت ترین مسیر به وی نمایش داده شود. این کار علاوه بر نیاز به صرف زمان اولیه جهت یافتن مسیر مناسب، در طول راه نیز نیازمند جستجوی مجدد جهت به‌روزرسانی وضعیت ترافیکی مسیر و در نتیجه صرف زمان اضافی می‌باشد. حال حالت سومی را در نظر بگیرید که کامپیوتر نصب شده بر روی اتومبیل شخص به صورت خودکار و با در نظر گرفتن یکسری پارامترهای مشخص (مانند رفتار وی در حین رانندگی، تاریخچه طی مسیر در روزهای قبلی، وضعیت ترافیکی موجود، و یا سوال و جواب گفتاری در حین رانندگی)، مسیر مناسبی را برای وی مشخص کرده و او را با صرف حداقل زمان ممکن، به سمت مقصد هدایت کند. مطمئناً حالت سوم در نزد کاربر از درجه محبوبیت بیشتری برخوردار بوده و شخص آن را به دو حالت قبلی ترجیح خواهد داد. این مثال، نمونه‌ای از مزایای محاسبات فراگیر را نشان می‌دهد. در راستای کاربردهای این نوع محاسبات، می‌توان مثال‌های متعددی را بیان کرد که در همه آنها کامپیوتر به‌عنوان یک دستیار مخفی، سعی در تسریع روال‌های زندگی افراد دارد.

در زمینهٔ فناوری‌های محاسبات فراگیر، تاکنون دستگاه‌ها و تجهیزات متعددی وارد بازار شده‌اند که می‌توان از آنها در سیستمهای مختلف استفاده کرد. از جملهٔ دستگاه‌ها می‌توان به (بیگل و همکاران[5]، ۲۰۰۴، کُل[6]، ۲۰۰۴): ۱) ابزارهای حسگر[7] و جمع‌آوری داده‌ها مانند حسگر دما، ۲) ابزارهای عمل‌کننده[8] در محیط مانند کیت باز و بسته کردن درب، ۳) ابزارهای جستجو و پیگردی[9] مانند تراشه‌های RFID و NFC یا سیستم GPS، و از جملهٔ تجهیزات می‌توان به (کلُسک[10]، ۲۰۰۲، یان و همکاران[11]، ۲۰۰۸):

1. Gabriel
2. Zhao-Hui
3. Cook and Sajal
4. Global Positioning System (GPS)
5. Beigl et al.
6. Cole
7. Sensor
8. Actuator
9. Tracking
10. Kloske
11. Yan et al.

۱) تلفن‌های همراه هوشمند[1]، ۲) دستیارهای دیجیتالی شخصی[2]، و ۳) کامپیوترهای قابل حمل جیبی[3] مانند تبلت اشاره کرد. همچنین در راستای برقراری ارتباط در محیطهای فراگیر، پروتکل‌های ارتباطی متعددی وجود دارند که از جملهٔ آنها می‌توان به (کلسک، ۲۰۰۲، بیگل و همکاران، ۲۰۰۴، سلیم و هاک[4]، ۲۰۱۵): ۱) پروتکل‌های ارتباطی نزدیک مانند Bluetooth و ZigBee، ۲) پروتکل‌های ارتباطی متوسط مانند Wi-Fi و LAN، و ۳) پروتکل‌های ارتباطی راه‌دور مانند WiMAX، WAN و فیبرنوری اشاره کرد. چیدمان این دستگاه‌ها، تجهیزات و پروتکل‌ها در کنار یکدیگر، می‌تواند ساختار معماری محاسبات فراگیر را برای یک کاربرد خاص مشخص کند و پس از آن، می‌توان یک نرم‌افزار قابل استفاده را بر روی آن معماری توسعه داد (ستیانارایانان[5]، ۲۰۰۱).

اما مدیریت بحران شامل مجموعه‌ای از چاره‌جویی‌ها و تصمیماتی است که باید در مقابله با یک وضعیت بحرانی خاص انجام پذیرد و هدف آن کاهش روند بحران، کنترل بحران و رفع آن است (آژانس مدیریت بحران ماین[6]، ۲۰۰۷). مدیریت بحران شامل برنامه‌ها، ایجاد ساختارها و تدوین مقرراتی است که منجر به کمک و یاری‌رسانی به دولت و سازمان‌های غیردولتی در برخورد با رویدادهای غیرمترقبه می‌شود. در تعریفی دیگر می توان گفت مدیریت بحران شامل فرآیند پیش‌بینی بحران، پیشگیری از وقوع بحران، برخورد و مداخله در بحران و سالم‌سازی بعد از وقوع بحران می‌باشد (سیگر و همکاران[7]، ۱۹۹۸). در حالت کلی، می‌توان چرخهٔ عمر مدیریت بحران را در قالب مجموعه‌ای از فازها یا مراحلی همچون آمادگی، پیشگیری، واکنش و ترمیم توصیف کرد (کیمبرلی[8]، ۲۰۰۳). البته مروری بر پیشینهٔ تحقیق نشان می‌دهد که تاکنون مدل‌های مختلفی ارائه شده‌اند که هر کدام تعداد متفاوتی مرحله را برای مدیریت بحران دربرمی‌گیرند که از جملهٔ آنها می‌توان به مدل‌های سه مرحله‌ای (مرکز آمادگی حوادث آسیا[9]، ۲۰۰۰، آتماناند[10]، ۲۰۰۳، تاسکالوسا[11]، ۲۰۰۳)، چهار مرحله‌ای (ترنر[12]، ۱۹۷۶، کیمبرلی، ۲۰۰۳)، شش مرحله‌ای (تافت و رینولدز[13]، ۱۹۹۴)، هفت مرحله‌ای (شالوف و همکاران[14]، ۲۰۰۳) و یا حتی هشت مرحله‌ای (کلی[15]، ۱۹۹۹) اشاره کرد که با این وجود، مدل چهار مرحله‌ای به دلیل کامل بودن فرآیندها و در عین حال مختصر بودن تعداد مراحل، مدلی است که در این مقاله در نظر گرفته خواهد شد.

فارغ از نوع مدل و تعداد مراحل آن، هر یک از مراحل شامل فعالیت‌هایی هستند که به آنها کار یا وظیفه[16] گفته می‌شود. این وظایف مستقل از یکدیگر بوده و ممکن است در هر کدام از فازهای یک مدل تکرار شوند. به عنوان مثال، اشتراک اطلاعات[17] وظیفه‌ای است که می‌تواند در هر کدام از فازهای آمادگی، پیشگیری، واکنش و ترمیم یک مدل چهار مرحله‌ای انجام شود. به طور مشابه، یک فاز منحصر به فرد می‌تواند بیشتر از یک وظیفه را شامل شود. به عنوان مثال، فاز واکنش ممکن است وظایفی همچون اشتراک اطلاعات و مدیریت منابع[18] را در بربگیرد. از جمله مهمترین وظایف ارائه شده برای مدل‌های مختلف مدیریت بحران می‌توان به مدیریت افراد و تلفات، برنامه‌ریزی، خودکارسازی، اشتراک اطلاعات، مدیریت اطلاعات، واکنش سریع به رویدادهای غیرمترقبه، آموزش، ارتباطات، مدیریت اشیاء، نگهداری و تعمیرات موجودی‌ها، مدیریت منابع، اعتبارسنجی، تشخیص علائم بحران، علامت‌گذاری و پیگیری اشاره کرد (ترنر، ۱۹۷۶، تافت و رینولدز، ۱۹۹۴، ریچاردسون[19]، ۱۹۹۴، کلی، ۱۹۹۹، مرکز پیشگیری حوادث آسیا، ۲۰۰۰، کیمبرلی، ۲۰۰۳، آتماناند، ۲۰۰۳، تاسکالوسا، ۲۰۰۳، شالوف و همکاران، ۲۰۰۳).

1. Smart Mobile Phones
2. Personal Digital Assistants (PDAs)
3. Pocket PCs
4. Salim and Haque
5. Satyanarayanan
6. Maine Emergency Management Agency
7. Seeger et al.
8. Kimberly
9. Asian Disaster Preparedness Center
10. Atmanand
11. Tuscaloosa
12. Turner
13. Toft and Reynolds
14. Shaluf et al.
15. Kelly
16. Task
17. Information Sharing
18. Resource Management
19. Richardson

## روش

در این بخش به جزئیات تحقیق پرداخته خواهد شد. هدف از این تحقیق، بکارگیری فناوری‌های موجود در محاسبات فراگیر به منظور بهبود کیفیت فرآیند مدیریت در شرایط بحرانی براساس یک سناریوی مشخص می‌باشد. از این رو در ابتدا یک سناریو برای یک سیستمِ اعلامِ حریقِ فراگیر مطرح خواهد شد تا به واسطهٔ آن، امکان طراحی ساختار معماری فراهم گردد. سپس جزئیات سیستم موردنظر به همراه ساختار معماری آن تدوین و در ادامه نیز ارتباط بین وظایف با فناوری‌های فراگیر و جزئیات آنها تشریح خواهد شد.

### سناریویی برای یک سیستم اعلام حریق فراگیر

شهری را در نظر بگیرید که شامل چندین هتل مختلف است که هر کدام، دارای یک سیستم مدیریت بحران حریق بوده و همهٔ آن سیستم‌ها از طریق یک شبکهٔ ارتباطی به مرکز آتش‌نشانی متصل هستند. در هر کدام از هتل‌ها، حسگرهایی در کلیهٔ طبقات نصب شده‌اند که امکان بررسی وضعیت دما و حرارت، میزان نور، میزان تردد افراد و غیره را دارا بوده و داده‌های جمع‌آوری شده را به صورت برخط[1] به سیستم مدیریت بحران ارسال می‌نمایند. همچنین کلیهٔ افراد مستقر در هتل (اعم از پرسنل و مهمانان)، دارای کارت‌هایی هستند که این کارت‌ها مجهز به فناوری‌های جستجو و ردیابی RFID یا NFC هستند و امکان جستجوی یک فرد توسط سیستم مدیریت بحران از طریق این کارتها میسر است. علاوه بر وجود کارت (که همهٔ افراد بدون استثناء از آن بهره می‌برند)، تلفن‌های همراه و سایر تجهیزات کاربران (همانند تبلت) نیز در سیستم مدیریت بحران هتل به صورت تعریف شده هستند (برای افرادی که دارای تلفن یا سایر تجهیزات هستند). همچنین در سطح هر کدام از هتل‌ها، عمل‌کننده‌هایی تعبیه شده‌اند که به واسطهٔ اتصال به سیستم مدیریت بحران هتل، می‌توانند هشدارها و یا اطلاعاتی را در مورد محیط پیرامون به کاربران مستقر در حوزهٔ عملکردی خود ارائه دهند.

در چنین مجموعهٔ یکپارچه‌ای امکان مدیریت بحران در قبل، حین و بعد از شرایط بُروز آتش‌سوزی میسر خواهد بود. مدیریت بحران در قبل از بُروز آتش‌سوزی به این ترتیب می‌باشد که سیستم مدیریت بحران مرکزی مستقر در سازمان آتش‌نشانی می‌تواند هشدارها و راهنمایی‌های لازم را از طریق شبکه به سیستمهای مدیریت بحران کلیهٔ هتل‌ها ارسال نماید و پس از آن، هر کدام از سیستم‌های مدیریت بحران هتل‌ها این اطلاعات را از طریق تجهیزات مختص کاربران (تلفن همراه و یا سایر تجهیزات همراه) و یا عمل‌کننده‌های موجود در محیط کاربران برای آنها نمایش خواهند داد. این عمل باعث آشنایی هر چه بیشتر کاربران با خطرات احتمالی و همچنین ارائهٔ واکنشهای مناسب توسط آنها در صورت بُروز حادثهٔ آتش‌سوزی خواهد شد.

اما حس‌گرهای موجود در هتل‌ها در هر لحظه داده‌های مختلف جمع‌آوری شده را به سمت سرویس‌دهندهٔ مرکزی مدیریت بحران مستقر در هتل ارسال می‌کنند تا داده‌ها توسط آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و در صورت بُروز حادثه، امکان اطلاع رسانی و دریافت کمک فراهم شود. چنانچه یک آتش‌سوزی توسط سرویس‌دهنده تشخیص داده شود، عملیات مدیریت بحران در حین آتش‌سوزی آغاز خواهد شد. در اینصورت ضمن اعلام به سیستم مدیریت بحران مرکزی واقع در آتش‌نشانی، کلیهٔ عمل‌کننده‌ها و تجهیزات محیط کار اطلاع‌رسانی وضعیت جاری به کاربران را آغاز خواهند کرد تا افراد خارج از هتل، به هتل وارد نشوند و افراد مستقر در هتل که دورتر از مرکز آتش‌سوزی هستند نیز در اسرع وقت اقدام به ترک هتل کنند. اما یکسری از حس‌گرها نیز وضعیت کارت‌های افراد را بررسی می‌کنند تا تعداد افراد حبس شده در هتل و به خصوص آن دسته از افرادی که در مرکز آتش‌سوزی قرار گرفته‌اند را مشخص کنند. این سنجش کمک خواهد کرد تا با مراجعهٔ ماموران آتش‌نشانی و امداد، اطلاعات مرکز آتش‌سوزی و تعداد افراد مستقر در آنجا به ماموران داده شده و در اسرع وقت اقدامات لازم برای مهار آتش در آن مناطقی که از تودهٔ جمعیتی بیشتر و حرارت بالاتری برخوردار است، صورت پذیرد.

پس از مهار آتش، مرحلهٔ پس از بحران فرا می‌رسد. در این مرحله حسگرهای محیطی (و یا دستگاههای سیاری که در صورت عدم کارکرد صحیح حسگرهای محیطی، امکان بازخوانی اطلاعات کارتهای تردد را دارند و توسط مامورین آتش‌نشانی حمل می‌شوند)، اقدام به جمع‌آوری وضعیت سلامتی افراد و همچنین

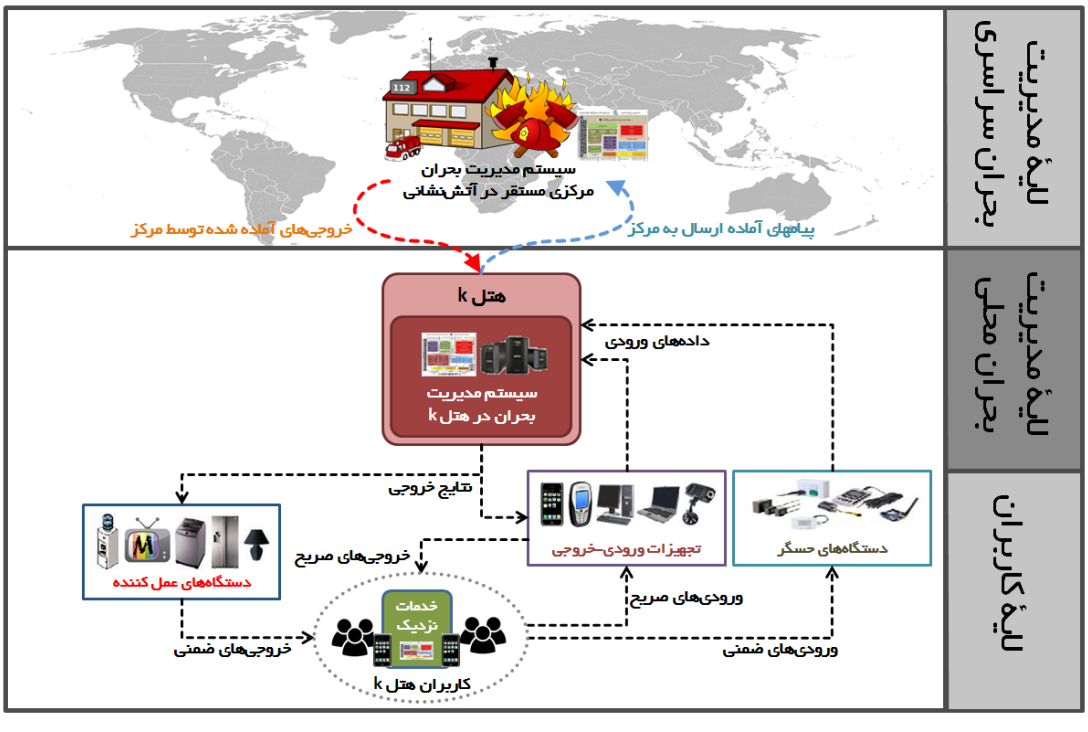
1. On-Line

تعداد افراد حاضر در مکانهای دچار حریق شده می‌نمایند. داده‌های جمع‌آوری شده در این بخش، می‌تواند توسط ماموران اورژانس (که در حین بحران توسط سیستم به آنها اطلاع‌رسانی شده است) جهت مشخص شدن مکانهای دارای بیشترین مصدوم و یا مصدومانی که بیشترین آسیب به آنها وارد شده است، استفاده گردد. همچنین ماموران اورژانس قادرند براساس اطلاعاتی که از قبل در مورد سایر بیماریهای احتمالی افراد در سیستم مدیریت بحران ذخیره شده‌اند، مصدومان دارای بدترین وضعیت را مشخص و به آنها سریع‌تر رسیدگی کنند.

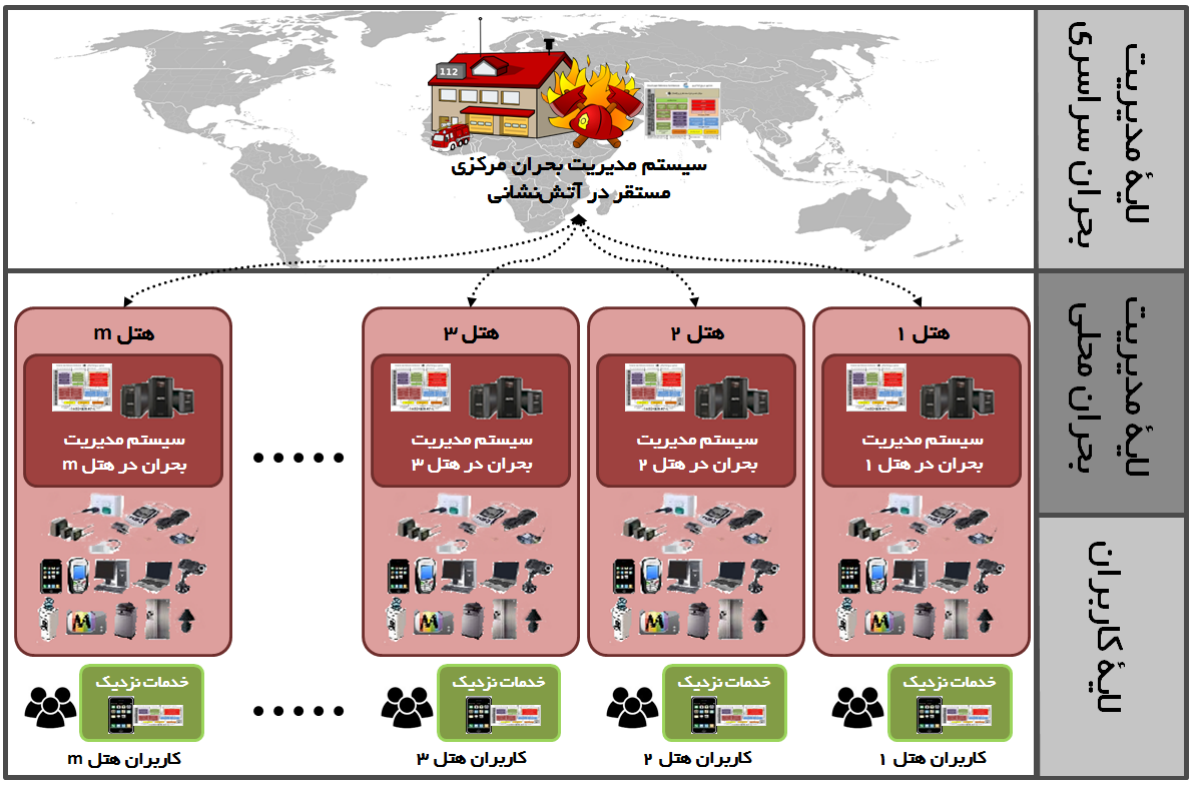
**ساختار معماری پیشنهادی**

معماری پیشنهادی برای سیستم مدیریت بحران موردنظر (براساس سناریویی که توضیحات آن در بخش قبل بیان شد)، یک معماری سلسله‌مراتبی شامل سه لایهٔ کاربران، لایهٔ مدیریت بحران محلی (مستقر در داخل هتل) و لایهٔ مدیریت بحران سراسری (مستقر در آتش‌نشانی) می‌باشد. شکل ۱، ساختار معماری پیشنهادی را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، با سه لایه مواجه هستیم که در پایین‌ترین آن، کاربران سیستم حضور دارند. کاربران در کنار محیط، تولیدکنندگان اصلی داده‌های سیستم مدیریت بحران محلی هستند و سیستم مدیریت بحران محلی (به عنوان لایهٔ میانی)، داده‌های کسب شده توسط حسگرها از کاربران و محیط را پردازش و در هر لحظه براساس وضعیت این داده‌ها، تصمیم‌گیری لازم جهت اعلام یا عدم اعلام وضعیت بحرانی را انجام می‌دهد. همچنین اعلام هشدارها و ارائهٔ راهنمایی‌های لازم به تجهیزات کاربر و عمل‌کننده‌های محیطی از طریق این لایه صورت می‌پذیرد.

اما در بالاترین قسمت معماری، لایهٔ مدیریت بحران سراسری قرار گرفته است که می‌تواند اطلاعات مربوط به سیستم‌های مدیریت بحران محلی هتل‌های مختلف را جمع‌آوری و مورد پردازش قرار دهد و در صورت اعلام هشدار آتش‌سوزی (یا وجود یک وضعیت مشکوک)، نیروهای لازم را براساس نوع و میزان آتش‌سوزی به محل اعزام کند. لازم به ذکر است که می‌توان در بالاترین لایهٔ معماری از ارتباطات دیگری به سایر مراکز همچون پلیس، اورژانس و غیره برای افزایش مدیریت در هنگام بحران و یا مراکزی همچون بیمه برای انجام امور پس از بحران نیز استفاده کرد که در اینجا از این ارتباطات صرف‌نظر شده است. شکل ۲، نحوهٔ عملکرد معماری سلسله‌مراتبی پیشنهادی در لایه‌های مختلف را برای هتل k ام نشان می‌دهد.




**شکل ۱. ساختار معماری سلسله‌مراتبی پیشنهادی**




**شکل ۲. نحوهٔ عملکرد معماری سلسله‌مراتبی پیشنهادی در لایه‌های مختلف**

### ارتباط بین وظایف مدیریت بحران و فناوری‌های فراگیر

مدلی که در این مقاله به عنوان مدل مدیریت بحران در نظر گرفته شده است، همان مدل چهار مرحله‌ای می‌باشد که شامل مراحل آمادگی، پیشگیری، واکنش و ترمیم است. با این وجود به‌منظور یکپارچه کردن ساختار سیستم مدیریت بحران فراگیر پیشنهادی، در این مقاله این فازها در قالب سه فاز قبل، حین و پس از بحران نگاشت داده می‌شوند. به این ترتیب که فاز قبل از بحران در مدل پیشنهادی شامل فازهای آمادگی و پیشگیری، فاز حین بحران در مدل پیشنهادی شامل فازهای آمادگی و واکنش و فاز پس از بحران در مدل پیشنهادی شامل فاز ترمیم می‌باشد. تدوین این مدل سه مرحله‌ای با توجه به سناریوی بیان شده در بخش ۲-۱ انجام گرفته و همانگونه که در این سناریو بیان شده است، کلیهٔ فازهای مدلِ مدیریت بحرانِ چهار مرحله‌ای قابل انجام هستند؛ ضمن آنکه به دلیل خلاصه‌سازی فازها، انسجام کل سیستم مدیریت بحران فراگیر پیشنهادی حفظ شده است.

در معماری پیشنهاد شده در قسمت قبلی، می‌توان از ابزارها، استانداردها و پروتکل‌های فراگیر مختلفی بهره گرفت که هر کدام قابلیت‌هایی را برای کل سیستم فراهم می‌کنند. با این وجود در اینجا تنها به ابزارها و پروتکل‌هایی اشاره خواهد شد که مرتبط به وظایف قابل استفاده در مراحل قبل، حین و پس از بحران می‌باشند و در حقیقت مراحل مدل سه مرحله‌ای مدیریت بحران فراگیر پیشنهادی را فراهم خواهند کرد. وظایف انتخابی برای سیستم مدیریت بحران فراگیر پیشنهادی، شامل: ۱) مدیریت افراد و تلفات، ۲) برنامه‌ریزی عملیات نجات، ۳) اشتراک اطلاعات، ۴) مدیریت اطلاعات، ۵) واکنش سریع به رویدادهای غیرمترقبه، ۶) آموزش، ۷) ارتباطات، ۸) مدیریت اشیاء، ۹) مدیریت منابع، ۱۰) اعتبارسنجی، ۱۱) تشخیص علائم بحران، و ۱۲) علامت‌گذاری و پیگیری هستند که از بین آنها، موارد ۱، ۳، ۴، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، و ۱۱ وظایف مربوط به فاز قبل از بحران، موارد ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷، ۸، ۹، و ۱۲ وظایف مربوط به فاز حین بحران و در نهایت موارد ۱، ۳، ۴، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، و ۱۲ وظایف مرتبط با فاز پس از بحران هستند. جدول ۱، ارتباط بین این وظایف با فناوری‌های فراگیر موردنظر را نشان می‌دهد.

**جدول ۱. ارتباط بین وظایف مدیریت بحران و فناوری‌های فراگیر انتخابی**

| | حسگرها و عمل‌کننده‌ها | RFID | NFC | GIS | تجهیزات کاربری | شبکه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| مدیریت افراد و تلفات | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | ✗ |
| برنامه‌ریزی عملیات نجات | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ |
| اشتراک اطلاعات | ✔ | ✗ | ✗ | ✗ | ✔ | ✔ |
| مدیریت اطلاعات | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ |
| واکنش سریع به رویدادهای غیرمترقبه | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ |
| آموزش | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✔ | ✔ |
| ارتباطات | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✔ | ✔ |
| مدیریت اشیاء | ✔ | ✗ | ✗ | ✗ | ✔ | ✔ |
| مدیریت منابع | ✔ | ✗ | ✗ | ✗ | ✔ | ✔ |
| اعتبارسنجی | ✔ | ✔ | ✔ | ✗ | ✔ | ✗ |
| تشخیص علائم بحران | ✔ | ✗ | ✗ | ✗ | ✔ | ✗ |
| علامت‌گذاری و پیگیری | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | ✗ |

* توضیح جدول: علامت ✔ به معنای تاثیر داشتن فناوری مورد استفاده بر روی وظیفه موردنظر و علامت ✗ به معنای عدم تاثیر فناوری بر روی وظیفه می‌باشد.

برای تدوین ارتباطات موجود در جدول ۱، از قابلیتهای فناوری‌های فراگیر و تاثیری که هر یک بر وظایف انتخابی مدیریت بحران می‌گذارند، استفاده شده است که در ذیل به تفکیک، هر یک را مورد بررسی قرار می‌دهیم:

- حسگرها و عمل‌کننده‌ها: حسگرها و عمل‌کننده‌ها، دستگاه‌هایی هستند که هر دو در محیط پیرامون کاربران و در بطن لایهٔ کاربران معماری قرار می‌گیرند. حسگرها وابسته به نوع کاربرد، داده‌هایی را از محیط جمع‌آوری و پس از پالایش (وابسته به نوع حسگر)، به سمت لایهٔ میانی معماری ارسال می‌کنند. از جملهٔ حسگرها می‌توان به حسگرهای نور، دما، حرارت و تحرک اشاره کرد. اما عمل‌کننده‌ها واکنش لایهٔ میانی معماری را به اشکال گوناگون به اطلاع کاربر می‌رسانند. از جملهٔ عمل‌کننده‌ها می‌توان به ابزارهای صوتی، سیستم‌های روشنایی، ماژول‌های اطفاء حریق، و ویبراتورهای متصل به بدن کاربران اشاره کرد.

درصورتی‌که خروجی حسگرها را بتوان در یک وظیفهٔ مدیریت بحران مورد استفاده قرار داد و یا امکان نگاشت خروجی یک وظیفه به عمل‌کننده‌ها وجود داشته باشد، می‌توان بیان کرد که یک ارتباط بین وظیفهٔ مذکور با حسگرها و/یا عمل‌کننده‌ها وجود دارد (فِرشا و ضیا[1]، ۲۰۱۰). همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، تنها وظایفی که هیچ رابطه‌ای با حسگرها و عمل‌کننده‌ها ندارند، آموزش و ارتباطات هستند. وظیفهٔ آموزش هیچ نیازی به بهره‌گیری از حسگرها و عمل‌کننده‌های محیطی ندارد، زیرا ورودی آن از طریق داده‌هایی که کاربر مستقیماً به سیستم وارد می‌کند تأمین شده و خروجی آن نیز از طریق تجهیزات کاربری به اطلاع کاربران رسانده می‌شود. از طرف دیگر وظیفهٔ ارتباطات نیز دربرگیرندهٔ پروتکلهای ارتباطی است که جهت اتصال کاربر به معماری، موردنیاز هستند و قابلیت‌های حسگرها و عمل‌کننده‌ها نمی‌تواند تاثیری در عملکرد این وظیفه داشته باشد. جدول ۲، تاثیر این دو فناوری فراگیر را بر سایر وظایف جدول ۱ (غیر از آموزش و ارتباطات) به تفکیک مورد بررسی قرار داده است.

- RFID و NFC: فناوری‌های RFID و NFC، دو نمونه ابزار جستجو و پیگردی هستند که امروزه در طیف وسیعی از کاربردهای نیازمند ردیابی مؤلفه‌های متحرک بکار می‌روند (میشل و مک‌کاتی[2]، ۲۰۰۵، زیائو و همکاران[3]، ۲۰۰۶). در تمامی کاربردها، این دو فناوری بر روی اشیاء یا اشخاصی که بایستی ردپای آنها همواره در سیستم نگهداری شود، نصب شده و در طول زمان، وضعیت آنها کنترل و ذخیره می‌گردد (فِرای و لِنرت[4]، ۲۰۰۵). چنانچه یک وظیفهٔ مدیریت بحران

1. Ferscha and Zia

2. Michael and McCathie

3. Xiao et al.

4. Fry and Lenert

بتواند بدون بهره‌گیری از این دو فناوری کار خود را انجام دهد و یا اگر استفاده از این دو در یک وظیفهٔ مدیریت بحران تاثیری نداشته باشد، می‌توان گفت که وظیفهٔ مذکور مستقل از این دو فناوری می‌باشد. در جدول ۱، وظایف اشتراک اطلاعات، آموزش، ارتباطات، مدیریت اشیاء، مدیریت منابع و تشخیص علائم بحران از وظایفی هستند که برای اجرا، نیازی به این دو فناوری و داده‌های آنها ندارند. زیرا در سناریوی بخش ۲-۱، بیان شد که هر کاربر بایستی مجهز به یک کارت باشد تا امکان جستجو و ردیابی وی میسر گردد و از آنجائی‌که هیچ‌کدام از این وظایف نیازی به ردیابی کاربران ندارند، لذا در جدول ۱ هیچ رابطه‌ای بین این دو فناوری با وظایف مذکور بیان نشده است.

- GIS: فناوری GIS قادر است نقش مهمی را در مدیریت بحران ایفا کند؛ زیرا این فناوری می‌تواند از طریق انجام اَعمال تسخیر دیجیتالی[1]، عکسبرداری هوایی[2]، ذخیره‌سازی، تحلیل و دستکاری داده‌ها[3]، قدرت سیستم‌های اطلاعاتی مدیریت بحران را بهبود بخشد (سِنیور و کوپلی[4]، ۲۰۰۸). به‌دلیل قابلیت‌های جمع‌آوری، پرس‌وجو[5]، نمایش سریع اطلاعات جغرافیایی و ارائهٔ آنها با فرمتی قابل درک، این فناوری می‌تواند انتخاب قاطعی برای مدیریت بحران باشد (کاتِر و همکاران[6]، ۲۰۰۷). با این وجود این فناوری نیز همانند فناوری‌های RFID و NFC، در برخی از وظایف مدیریت بحران کاربردی ندارد که وظایفِ اشتراک اطلاعات، آموزش، ارتباطات، مدیریت اشیاء، مدیریت منابع و تشخیص علائم بحران از وظایفی هستند که برای اجرا، نیازی به این فناوری و داده‌های آن ندارند (همانند دو فناوری RFID و NFC). علاوه بر این موارد، بدلیل اینکه فناوری GIS بیشتر در محیط‌های بیرونی کاربرد دارد، لذا وظیفهٔ اعتبارسنجی نیز از جایی که عملکرد کاربران در محیط داخلی را نظارت می‌کند، نیازی به بهره‌گیری از این فناوری نداشته و بدون آن نیز قابل اجرا می‌باشد.

**جدول ۲. تاثیر فناوری‌های حسگر و عمل‌کننده بر آن دسته از وظایف مدیریت بحران که امکان نگاشت حسگرها و عمل‌کننده‌ها به آنها وجود دارد.**

| | حسگرها | عمل‌کننده‌ها |
|---|---|---|
| مدیریت افراد و تلفات | داده‌های حسگرها می‌تواند در شناسایی موقعیت افراد مستقر در محلهای حادثه‌خیر و یا دچار حادثه کمک نماید | با بهره‌گیری از عمل‌کننده‌ها می‌توان به ارسال تیم نجات به موقعیت افراد حادثه‌دیده و همچنین اطلاع‌رسانی جهت خروج افراد از مکانهای حادثه‌خیر پرداخت |
| برنامه‌ریزی عملیات نجات | حسگرها، اطلاعات دقیقی از موقعیت محیط پیرامونی فراهم می‌آورند | عمل‌کننده‌ها می‌توانند در فرآیند نجات به تیم نجات یاری رسانند |
| اشتراک اطلاعات | در اینجا منظور اشتراک‌گذاری اطلاعات محیط با مدیران (از طریق حسگرها) و بالعکس (از طریق عمل‌کننده‌ها) است | |
| مدیریت اطلاعات | حسگرها، تنها عناصر موجود در محیط پیرامون کاربر هستند که قابلیت دستیابی مدیران به داده‌های محیطی را مهیا می‌سازند | در مواردی (به‌خصوص وضعیتهای بحرانی که امکان بکارگیری سایر تجهیزات از جمله تجهیزات کاربری میسر نباشد) می‌توان اطلاعات را توسط عمل‌کننده‌ها به کاربران منتقل کرد |
| واکنش سریع به رویدادهای غیرمترقبه | ترکیب حسگرها و عمل‌کننده‌ها می‌تواند واکنش سریعی را در موارد بسیار بحرانی فراهم آورد، حتی قبل از اینکه لایه‌های بالایی معماری بخواهند تصمیم خاصی را بر لایهٔ کاربران اِعمال نمایند. | |
| مدیریت اشیاء | حسگرها قابلیت درک وضعیت اشیاء پیرامونی را فراهم می‌آورند | ✗ |
| مدیریت منابع | ✗ | با بررسی وضعیت عمل‌کننده‌های متصل به منابع، می‌توان مدیریت منابع محیطی را همواره و به‌راحتی به انجام رسانید |
| اعتبارسنجی | حسگرها تاثیر بسزایی در تشخیص استفاده‌های نادرست کاربران از مؤلفه‌های سیستم دارند | عملگرها می‌توانند درخواستهای نادرست کاربران از مؤلفه‌های سیستمی را به‌عنوان یک استثناء اجرا ننمایند |
| تشخیص علائم بحران | رخداد هر اتفاق کوچک در محیط، می‌تواند توسط حسگرها دریافت گردد | در مواردی که قابلیت اِعمال خروجی یک عمل‌کننده بر محیط وجود نداشته باشد، می‌توان به رخداد بحران پی برد |
| علامت‌گذاری و پیگیری | حسگرها می‌توانند با دریافت لحظه‌ای وضعیت محیط، کلیهٔ تغییرات محیطی را دنبال نمایند | نقطهٔ بررسیِ[1] یک حسگر، آخرین تغییری است که عمل‌کنندهٔ متناظر بر روی محیط پیرامون کاربر اِعمال کرده است |

1. Digitally Capturing
2. Aerial Photography
3. Data Manipulation
4. Senior and Copley
5. Query
6. Cutter et al.

- **تجهیزات کاربری:** منظور از تجهیزات کاربری، کامپیوترهای کوچکی است که در اختیار کاربران قرار داشته و کاربران از آنها برای انجام یکسری کارهای اولیه استفاده می‌کنند. از جملهٔ این کامپیوترهای کوچک می‌توان به تلفن‌های همراه هوشمند، دستیارهای دیجیتالی شخصی و کامپیوترهای جیبی اشاره کرد. به جرات می‌توان ادعا کرد که تجهیزات کاربری نقش مهمی را در کاهش تلفات ناشی از یک سانحه طبیعی یا غیرطبیعی ایفا می‌کنند. زیرا می‌توانند همواره با ارائهٔ اطلاعات موردنیاز کاربر، وی را از خطرات پیش‌روی آگاه سازند (آلفونسو و سوزان[1]، ۲۰۰۸). به علاوه این تجهیزات قادرند یک ارتباط مستقیم را مابین کاربران ایجاد کرده و از طریق این ارتباط، امکان به اشتراک‌گذاری اطلاعات کاربران فراهم می‌گردد (کولیوس و همکاران[2]، ۲۰۱۵). همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، تجهیزات کاربری در تمامی وظایف مدیریت بحران تاثیرگذار هستند که دلیل آن، انعطاف‌پذیری است که این فناوری می‌تواند هم برای کاربران و هم برای سایر افراد درگیر در بحران (همچون تیم نجات و امداد) فراهم نماید.

- **شبکه:** منظور از شبکه، بستر ارتباطی مورد استفاده در سیستم مدیریت بحران مبتنی بر محاسبات فراگیر است و فقدان این فناوری در وظایفی قابل قبول است که فارغ از وجود بستر ارتباطی، بتوانند به کار خود ادامه دهند. در جدول ۱، تنها وظایف مدیریت افراد و تلفات، اعتبارسنجی، تشخیص علائم بحران و علامت‌گذاری و پیگیری می‌توانند فارغ از وجود شبکه فعالیت خود را ادامه دهند، هر چند که نبود بستر ارتباطی ممکن است عملکرد این وظایف را نیز محدود کند. اما عدم وجود شبکه در سایر موارد، عملکرد وظیفه را بطور کلی مختل خواهد کرد. حتی در مواردی همچون آموزش و یا اشتراک اطلاعات که داده-تشدیدی[3] هستند، فقدان شبکه اجرای وظیفه را کاملاً متوقف خواهد کرد.

## یافته‌ها

در این بخش ابتدا شبیه‌ساز مورد استفاده معرفی و در ادامه الگوریتم پیشنهادی و نحوهٔ شبیه‌سازی بیان خواهد شد. در پایان نیز نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی به همراه تحلیل آنها ارائه خواهد شد.

### معرفی شبیه‌ساز

شبیه‌ساز مورد استفاده در این مقاله، شبیه‌ساز UbikSim [4] می‌باشد. این شبیه‌ساز، شبیه‌سازی است که اساساً جهت تست و ارزیابی الگوریتم‌های توسعه داده شده در محیط محاسبات فراگیر و ایده‌های مرتبط با هوش پیرامونی[5] پیاده‌سازی شده است (سرانو و همکاران[6]، ۲۰۰۹، کمپوزانو و همکاران[7]، ۲۰۱۴). در این شبیه‌ساز می‌توان یک نقشه جامع از محیط و موجودیت‌های آن تهیه کرد و پس از انتساب فعالیت‌های هر یک از موجودیت‌ها، ایده موردنظر را مورد ارزیابی قرار داد. همچنین امکان ارزیابی محیط‌های پیوسته برای حالتهایی که در آنها یک موجودیت و نیز منابع اطلاعاتی مرتبط با آن در چندین محیط مشترک می‌باشند، توسط این شبیه‌ساز فراهم گردیده است. این شبیه‌ساز که مقالات زیادی از آن به‌عنوان بستر تست و ارزیابی استفاده کرده‌اند، به‌عنوان یک پایلوت جهت راه‌اندازی یک پروژه مدرن در راستای ارزیابی تکنیک‌های انتخاب اجتماعی در محیط‌های هوشمند (تحت عنوان پروژه VoteSim) نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

این ابزار، نوعی شبیه‌ساز انیمیشنی می‌باشد که می‌توان تغییر رویدادها در آن را مشاهده کرد. مزیت ابزارهای شبیه‌سازی گرافیکی (به خصوص برای مواردی همچون مدیریت بحران) آن است که می‌توان وضعیت محیط و واکنش موجودیت‌ها را در حین شبیه‌سازی مشاهده کرده و یکسری تحلیل‌های اگر-آنگاه را به انجام رساند (گارسیا-والورده و همکاران[8]، ۲۰۱۴). به عنوان مثال، اگر آتش‌سوزی در نزدیک درب‌های خروجی رخ دهد، چه اتفاقی ممکن است به وجود آید؟ یا آنکه تعداد ابزارهای فراگیر و فناوری‌های مورد استفاده، چه تاثیری بر هدایت افراد و نجات بیشتر کاربران از داخل آتش خواهند داشت؟ همچنین می‌توان براساس وضعیت قابل مشاهده، یکسری تغییرات را بر روی سناریو به وجود آورد (قبل از بُروز بحران و به عنوان مثال در هنگام طراحی نقشه و ساخت هتل و یا در زمان استقرار فناوری‌های فراگیر) تا امکان نجات بیشتر افراد

1. Alfonso and Suzanne
2. Kolios et al.
3. Data-Intensive
4. www.github.com/emilioserra/UbikSim/wiki
5. Ambient Intelligence
6. Serrano et al.
7. Campuzano et al.
8. Garcia-Valverde et al.

در هنگام رخداد هرگونه حادثه‌ای میسر شد.

**الگوریتم پیشنهادی و نحوهٔ شبیه‌سازی**

شکل ۳، الگوریتم پیشنهادی جهت سیستم مدیریت بحران فراگیر را به تصویر کشیده است. این الگوریتم عملکرد سیستم پیشنهادی در سه زمان قبل از بحران آتش‌سوزی، حین بحران آتش‌سوزی و پس از بحران آتش‌سوزی را نشان می‌دهد. در شروع کار، مقداردهی اولیه بر روی متغیرهای الگوریتم صورت می‌گیرد (خطوط ۱ تا ۶). تا زمانی که یک رویداد بحرانی رخ نداده باشد، وظیفهٔ سیستم تنها جمع‌آوری اطلاعات حسگرها و همچنین وضعیت مکانی کاربران و سپس انتقال داده‌های بدست آمده به لایه‌های بالایی معماری می‌باشد. وقوع یک رویداد بحرانی از طریق بررسی وضعیت محیط پیرامون نسبت به مقدار یک پارامتر آستانه‌ای با نام $\alpha$ که $\alpha \in (0,1)$ است، انجام می‌گیرد. مقدار $\alpha$ توسط مسئول سیستم (به عنوان مثال مدیر هتل یا مسئول ادارهٔ آتش‌نشانی) تعیین می‌گردد. چنانچه مقدار وضعیت محیط پیرامون از $\alpha$ کوچکتر باشد، به این معناست که حادثهٔ خاصی در محیط رخ نداده و با بحران خاصی روبه‌رو نیستیم. اما چنانچه مقدار وضعیت محیط پیرامون از $\alpha$ بزرگتر یا مساوی آن باشد، ما با یک بحران مواجه خواهیم شد که در اینصورت بایستی اقدامات حین بحران و پس از بحران به ترتیب صورت پذیرند. این الگوریتم در لایهٔ میانی معماری پیشنهادی قرار می‌گیرد.

قبل از وقوع بحران، سیستم اطلاعات مکانی کاربران را بمنظور استفاده در حین بحران جمع‌آوری می‌کند؛ ضمن آنکه اطلاعات حسگرها نیز جهت تعیین وضعیت محیط پیرامون گردآوری می‌شوند. در هر نوبت پس از جمع‌آوری اطلاعات حسگرها، وضعیت جاری محیط پیرامون نسبت به وضعیت قبلی آن که در اینجا این اختلاف را فاصلهٔ زمینه[1] نامگذاری می‌کنیم، از طریق معادلهٔ زیر تعیین می‌شود:

$$CD_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{X}(CV_i^j - PV_i^j)^2}{X}}$$

در معادلهٔ فوق که براساس فاصلهٔ اقلیدسی در نظر گرفته شده است، پارامتر $CD_i$ فاصلهٔ زمینهٔ درون محیط $i$ ام، پارامتر $CV_i^j$ مقدار جاری[2] حسگر $j$ ام درون محیط $i$ ام، پارامتر $PV_i^j$ مقدار قبلی[3] حسگر $j$ ام درون محیط $i$ ام، و پارامتر $X$ تعداد کل حسگرهای درون محیط $i$ ام را نشان می‌دهند. در مورد این معادله دو نکته وجود دارد. اول اینکه بمنظور نرمال‌سازی آن در بازهٔ ۰ تا ۱ ($CD_i \in [0,1]$)، معادله را بر جذر $X$ تقسیم کرده‌ایم تا با بازهٔ پارامتر $\alpha$ مطابقت نماید. دوم آنکه در یک محیط مشخص مانند یک هتل، این معادله را برای تک‌تک زیرمحیطها ($i$های مختلف) شامل اتاق‌ها، راهرو و راه‌پله جداگانه حساب می‌کنیم تا مکان احتمالی وقوع بحران بطور خاص تعیین گردد. حال تا زمانی‌که برای تک‌تک زیرمحیط‌ها، رابطهٔ $CD_i < \alpha$ برقرار باشد، عمل جمع‌آوری اطلاعات ادامه می‌یابد؛ ضمن آنکه هیچ بحرانی روی نداده است. اما لحظه‌ای که رابطهٔ $CD_i \geq \alpha$ حداقل برای یکی از محیط‌ها برقرار شود، با یک وضعیت خاص که نشان‌دهندهٔ بحران در محیط $i$ ام است، مواجه خواهیم بود. در اینجا ضمن آنکه می‌توان اطلاعات کاربران نزدیک حادثه را بمنظور اعتبارسنجی و تعیین مسبب حادثه ذخیره کرد (که ما از آن صرفنظر می‌کنیم)، اطلاعات بحران برای مرکز آتش‌نشانی (لایهٔ بالایی معماری) ارسال می‌شود تا امکان کمک‌رسانی فراهم شود. خطوط ۷ تا ۱۹ نشان‌دهندهٔ عملکرد الگوریتم قبل از وقوع بحران می‌باشند.

اما در حین بحران، سیستم ابتدا براساس موقعیت مکانی کاربران نسبت به مرکز حادثهٔ آتش‌سوزی، اطلاعات آنها را مرتب‌سازی می‌کند؛ سپس برمبنای ترتیب مشخص شده، برای هر یک از کاربران بهترین و نزدیکترین مسیر به یکی از خروجی‌ها را مشخص و اطلاعات این مسیر را برای آنها ارسال می‌کند (از طریق تجهیزات کاربری یا عمل‌کننده‌های محیطی که ما در اینجا این عملیات را از طریق ارسال متغیر انجام داده‌ایم). الگوریتم تا زمانی این کار را تکرار می‌کند که همهٔ کاربران مسیرهای خروجی را دریافت کنند. همچنین برای کاربران خارج از هتل نیز پیامی ارسال می‌شود تا از ورود به هتل خودداری نمایند. پس از انجام اعمال فوق، کار الگوریتم در مرحلهٔ حین بحران به اتمام می‌رسد و تا زمانی که آتش مهار نشده است، الگوریتم منتظر می‌ماند. خطوط ۲۰ تا ۲۸ نشان‌دهندهٔ عملکرد الگوریتم پیشنهادی در حین بحران هستند.

1. Context Distance (CD)

2. Current Value

3. Past Value

پس از مهار آتش، الگوریتم وارد مرحلهٔ پس از بحران می‌شود. در ابتدا الگوریتم براساس میزان اطلاعات ارسال شده برای کاربران و تعداد افرادی که موفق به نجات از آتش‌سوزی شده‌اند، یک ارزیابی را انجام می‌دهد. انجام این مرحله، تعداد افراد گرفتار در داخل هتل را نشان خواهد داد که بلافاصله اطلاعات توسط لایهٔ میانی معماری به لایهٔ بالایی ارسال می‌شود تا امکان فرستادن کمک‌های اورژانسی فراهم شود. در ادامه نیز عملیات نجات افراد انجام شده و الگوریتم مجدداً تا پایان این عملیات منتظر می‌ماند. در انتها براساس تعداد افرادی که موفق به خروج از محل بحران نشده‌اند، الگوریتم آمار تلفات را مشخص و گزارشی را برای لایهٔ بالایی معماری ارسال می‌نماید. خطوط ۲۹ تا ۳۳ عملکرد الگوریتم پس از بحران را نشان می‌دهند. مطمئناً در محیط واقعی، امکان در نظر گرفتن معیارهای بیشتری از جمله محاسبهٔ خسارات مالی، بررسی عملکرد آتش‌نشانان، دلیل آتش‌سوزی و غیره فراهم خواهد بود که در اینجا به علت استفاده از شبیه‌ساز، با محدودیت‌هایی در این زمینه مواجه هستیم.

به منظور شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی فوق، از شبیه‌ساز UbikSim بهره گرفته شده است. در این راستا ابتدا محیط یک هتل شامل ۱ طبقه و ۱۷ اتاق به همراه یک راه‌پله خروجی در داخل شبیه‌ساز طراحی شده که نمایی از این طراحی در شکل ۴ نشان داده شده است. اما برای شبیه‌سازی الگوریتم، چندین سناریوی آتش‌سوزی متفاوت توسعه داده شده‌اند که در هر کدام از این سناریوها، دامنهٔ آتش‌سوزی متفاوت از سایرین در نظر گرفته شده است. همچنین شبیه‌سازیها چندین مرتبه تکرار شده‌اند و در هر تکرار، سعی شده است تعداد فناوری‌های فراگیر مورد استفاده، متفاوت از سایرین در نظر گرفته شود. به عبارت دیگر، شبیه‌سازی شامل چندین تکرار است که در هر کدام تعداد فناوری‌های فراگیر نسبت به مورد قبل افزایش یافته تا تاثیر ۴ سناریوی آتش‌سوزی در هر کدام از تکرارها سنجیده و نتایج قابل مقایسه حاصل شوند. در کلیهٔ شبیه‌سازیها، تعداد کاربران حاضر در هتل، ۳۵۰ نفر در نظر گرفته شده است.

**Algorithm:** *Pervasive Crisis Management System*

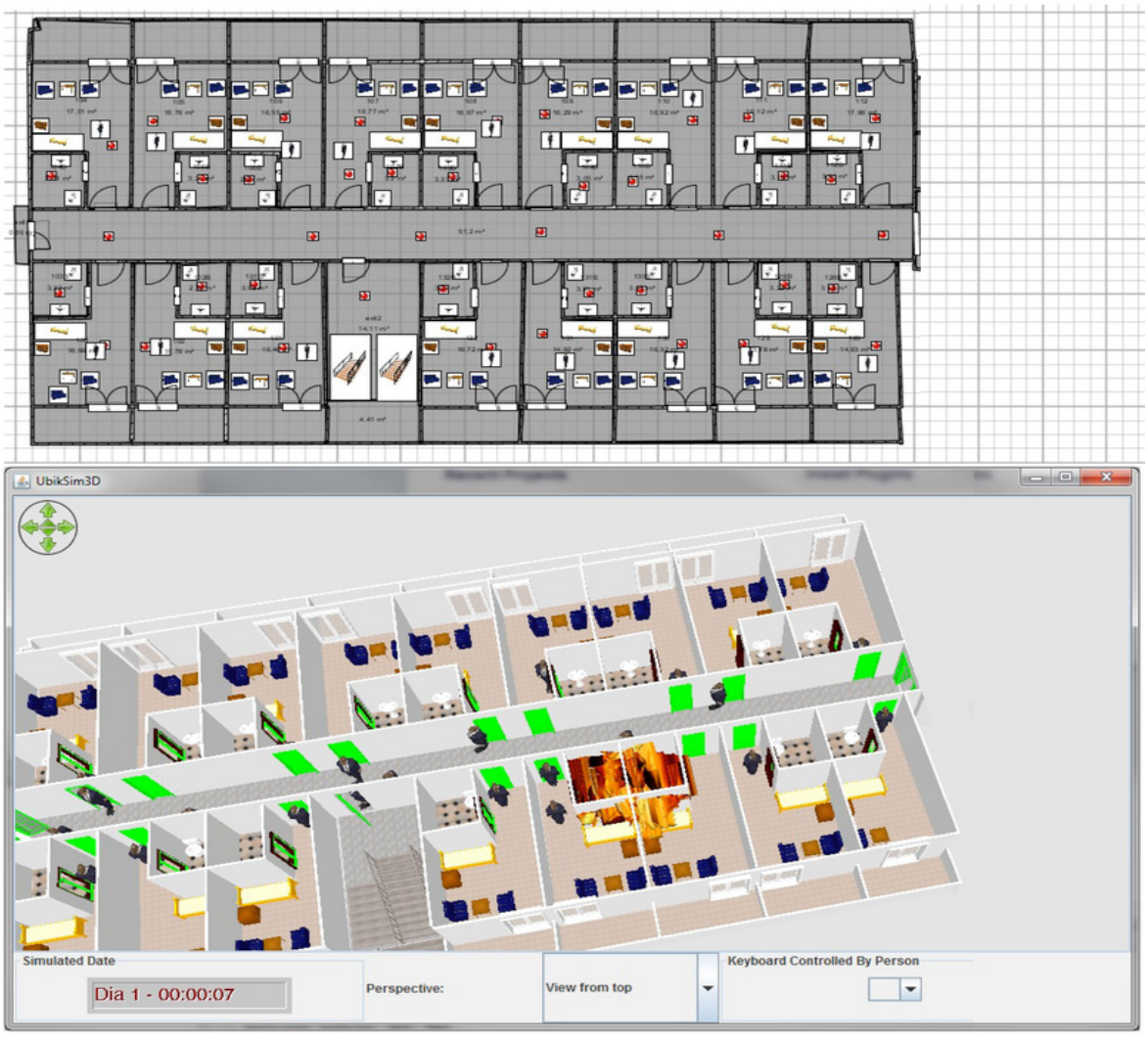
```
// Initializing
1   for each environment i do
2       CD_i = 0
3       for each sensor j do
4         gather CV_i^j
5       end for
6   end for
// Before the crisis
7   while ∀ each environment i: CD_i < α do
8       for each environment i do
9           for each sensor j do
10              PV_i^j = CV_i^j
11              gather CV_i^j
12              CD_i = sqrt( Σ_{j=1}^{X} (CV_i^j − PV_i^j)^2 / X )
13          end for
14          for each user u do
15              calculate position (x,y)
16          end for
17      end for
18  end while
19  send information to upper layer
// During the crisis
20  sort user information (ascending)
21  for each user u in sorted list do
22      calculate exit way information
23      send exit way information to each user u
24      if user z is out of the hotel then
25        send no entry message to user z
26      end if
27  end for
28  wait until the firefighters control the fire
// After the crisis
29  calculate the number of users in the crisis
30  send information to upper layer
31  wait until the firefighters save the inside users
32  prepare the number of death toll
33  send information to upper layer
34  goto step 1
```

**شکل ۳. الگوریتم پیشنهادی جهت سیستم مدیریت بحران فراگیر، جهت اجرا بر روی لایهٔ مدیریت بحران محلی معماری**

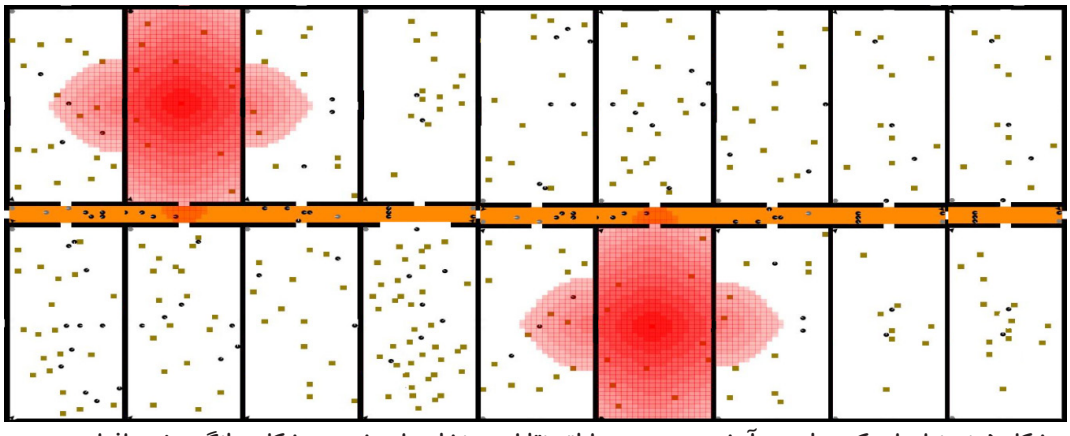
علاوه بر تنظیمات فوق، یکسری پارامتر دیگر نیز در نظر گرفته شده‌اند تا عملیات شبیه‌سازی به واقعیت نزدیک باشد. از جمله اینکه

حرکت کلیهٔ کاربران در قبل و پس از رخداد بحران، کاملاً تصادفی می‌باشد؛ اما در حین بحران به سمت نزدیک‌ترین درب خروجی که البته دور از آتش می‌باشد، خواهد بود. همچنین این فرض در نظر گرفته شده که هر کاربر، در یک مدت زمان خاصی پس از وقوع آتش‌سوزی قادر به تحرک و جابجایی بوده و پس از طی این مدت زمان، امکان جابجایی از وی گرفته خواهد شد (تلفات انسانی). همچنین تنظیمات به گونه‌ای انجام شده است تا کاربران در زمان آتش‌سوزی، از مسیرهایی که دربرگیرندهٔ آتش هستند، دوری نمایند. در اینجا فرض ما بر آنست که اطلاعات مربوط به شروع آتش‌سوزی از طریق تجهیزات کاربری و عمل‌کننده‌های محیطی به اطلاع کاربران رسانده می‌شوند و اطلاعات مربوط به مسیرهای خروجی از طریق تجهیزات کاربری و عمل‌کننده‌ها برای آنها فراهم می‌شود.

پس از انجام تنظیمات بر روی شبیه‌ساز، نوبت به اِعمال تک تک سناریوهای شبیه‌سازی بر روی شبیه‌ساز فرا می‌رسد. در هر سناریو، یک محدوده از هتل دچار آتش‌سوزی می‌شود که محدوده‌های در نظر گرفته شده شامل یک اتاق، دو اتاق، سه اتاق و چهار اتاق مختلف هستند. برای تکرارهای متفاوت نیز فرض شده است که تعداد دستگاه‌ها و تجهیزات فراگیر می‌توانند بین صفر (حالت کاملاً سنتی) تا ۱۰۰ (که تعداد دستگاه‌ها و تجهیزات ضریبی از ۲۰ و در درون اتاق‌ها، راهرو و راه‌پله تعبیه شده‌اند) تغییر کنند. پس از آن هر کدام از سناریوها برای هر کدام از تکرارها مورد آزمایش قرار گرفته‌اند که نمونه‌ای از یک سناریوی آتش‌سوزی در دو اتاق، در شکل ۵ به تصویر کشیده شده است. در نهایت و پس از انجام کلیهٔ شبیه‌سازی‌ها، نتایج جمع‌آوری و با یکدیگر مقایسه شده‌اند.



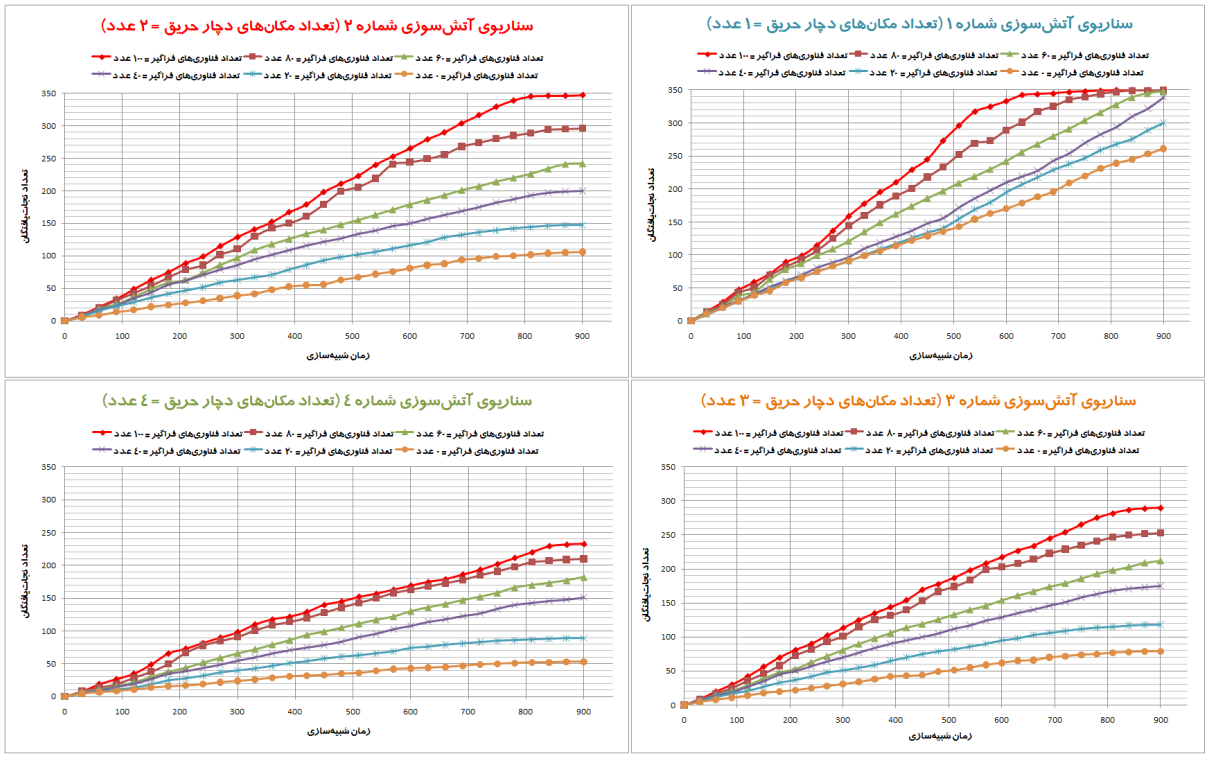

**شکل ۴. نمایی از نقشهٔ هتل طراحی شده در داخل شبیه‌ساز UbikSim به منظور انجام شبیه‌سازی**



**شکل ۵. نمونه‌ای از یک سناریوی آتش‌سوزی در دو اتاق؛ نقاط ریز نشان داده شده در شکل، بیانگر حضور افراد هستند**

## نتایج حاصل از شبیه‌سازی

پس از انجام آزمایشات مختلف براساس سناریوها و تکرارهای متفاوت بر روی شبیه‌ساز، نتایج بر مبنای تعداد نجات یافتگان در طی گذشت زمان سنجیده شدند. نتایج همانگونه که در شکل ۶ به تصویر کشیده شده‌اند، نشان می‌دهند که هر چه تعداد فناوری‌های به کار رفته در طول تکرارها افزایش می‌یابد، تعداد افراد نجات یافته (فارغ از نوع سناریوی آتش‌سوزی) نیز افزایش خواهند یافت.




**شکل ۶. مقایسهٔ تعداد افراد نجات یافته در طی زمان شبیه‌سازی براساس سناریوهای مختلف در طول تکرارهای متفاوتِ شبیه‌ساز**

## بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله ضمن برشمردن ویژگی‌های وظایف در فرآیند مدیریت بحران، به نقش محاسبات فراگیر در بهبود عملکرد مدیریت بحران پرداخته شد. در این راستا، ابتدا یک سناریوی مشخص از یک نمونه بحران غیرمترقبه در محیط‌های شهری (آتش‌سوزی) بیان شد و سپس برمبنای این سناریو، یک معماری سلسله‌مراتبی سه‌لایه‌ای فراگیر برای سیستم مدیریت بحران ارائه شد. در ادامه ارتباط میان فناوری‌های فراگیر مختلف قابل استفاده با وظایف مدیریت بحران در معماری پیشنهادی تدوین شد و پس از آن، یک الگوریتم مدیریت بحران جهت اجرا بر روی لایهٔ مدیریت بحران محلی معماری پیشنهادی بیان شد.

در پایان نیز نحوهٔ شبیه‌سازی و ارزیابی کارایی روش پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفت. در هنگام شبیه‌سازی سعی شد تا کلیهٔ مفروضات یک محیط واقعی در نظر گرفته شوند تا حداکثر میزان صحت در نتایج حاصل گردد. همچنین انواع متفاوتی از سناریوهای شبیه‌سازی مورد استفاده قرار گرفت تا بهبود کارایی برای همهٔ آنها در مقایسه با حالت سنتی (عدم استفاده از فناوری‌های فراگیر) سنجیده شود. نتایج شبیه‌سازی بیانگر این موضوع بودند که بهره‌گیری از فناوری‌های فراگیر در سیستم‌های مدیریت بحران، می‌تواند کارایی سیستم (در اینجا کاهش تلفات) را به شکل چشمگیری ارتقاء دهد.

با وجود توسعهٔ فناوری‌های فراگیر، هنوز استفادهٔ چندانی از این فناوری‌ها در کاربردهای مدیریت بحران ارائه نشده است. بنابراین یک راهکار برای ادامهٔ این تحقیق، بررسی امکان بهره‌گیری از محاسبات فراگیر در سایر انواع مدیریت بحران از جمله مدیریت بحران‌های طبیعی (مانند زلزله)، صنعتی (مانند نشت مواد صنعتی در یک کارخانه)، کشاورزی (مانند حملهٔ آفات) و غیره می‌باشد. از طرف دیگر مدلهای تجاری قابل توجهی نیز در این زمینه وجود ندارند. بنابراین راهکار دیگر می‌تواند بررسی مدلهای تجاری موجود در سایر کاربردها و نگاشت آنها به حوزهٔ مدیریت بحران باشد. همچنین در این مقاله، تنها به یک سناریوی مشخص از بحرانهای غیرمترقبه در محیط‌های شهری یعنی آتش‌سوزی پرداخته شد. در نتیجه یک راهکار دیگر در ادامهٔ این تحقیق، ارائهٔ یک مدل عمومی فراگیر است که بتواند فارغ از نوع کاربرد و خصوصیات بحران، کارایی سیستم مدیریت بحران را بهبود بخشد. ضمناً از آنجائی که یک استاندارد واحد در تعداد فازهای چرخهٔ عمر مدیریت بحران وجود ندارد، بررسی فناوری‌های فراگیر در مدل‌های دارای تعداد فاز مختلف و تعیین بهترین استراتژی، می‌تواند یک رهیافت دیگر برای ادامهٔ این تحقیق باشد.

## منابع

Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. Scientific American, 265(3), 94-104. doi:10.1038/scientificamerican0991-94. http://www.nature.com/scientificamerican/journal/v265/n3/full/scientificamerican0991-94.html

Chainey, S., and Ratcliffe, J. (2005). GIS and Crime Mapping. Chichester, UK: John Wiley and Sons. doi: 10.1111/j.0016-7363.2005.00673.4. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=FUEh9TUVNagC&oi=fnd&pg=PT11&dq=%22GIS+and+Crime+Mapping%22&ots=jJFFdR87Ww&sig=2kSJsb1sUSilazMJgMrw5cQxvPA#v=onepage&q=%22GIS%20and%20Crime%20Mapping%22&f=false

Loebbecke, C., and Palmer, J. (2006). RFID's Potential in the Fashion Industry: A Case Analysis. http://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1044&context=bled2006

Sara, M. L. (2003). GIS and health care. Annual Review of Public Health, 24, 25-42. doi: 10.1146/annurev.publhealth.24.012902.141012. http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.publhealth.24.012902.141012

Shannon, T., Feied, C., Smith, M., Handler, J., and Gillam, M. (2006). Wireless handheld computers and voluntary utilization of computerized prescribing systems in the emergency department. The Journal of Emergency Medicine, 31(3), 309-315. doi:10.1016/j.jemermed.2005.09.020. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0736467906004392

Davies, N., and Gellersen, H.-W. (2002). Beyond Prototypes: Challenges in Deploying Ubiquitous Systems. IEEE Pervasive Computing, 1(1), 26 - 35. doi: 10.1109/MPRV.2002.993142. http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=993142

Weiser, Mark. (1993). Some computer science issues in ubiquitous computing. Communications of the ACM 36.7: 75-84. doi: 10.1145/159544.159617. http://dl.acm.org/citation.cfm?id=159617

Gabriel, P., Bovenschulte, M., Hartmann, E., Groß, W., Strese, H., Bayarou, K.M., Haisch, M., Mattheß, M., Brune, C., Strauss, H. and Kelter, H. (2006). Pervasive computing: trends and impacts. SecuMedia, Ingelheim. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=5pCqCAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Pervasive+computing&ots=6sFOPeKiZO&sig=F2JWC3q9TMK4ALoVtTd9ApJq9ns

Cook, Diane J., and Sajal K. Das. (2012). Pervasive computing at scale: Transforming the state of the art. Pervasive and Mobile Computing 8.1: 22-35. doi: 10.1016/j.pmcj.2011.10.004. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574119211001416

Zhao-Hui, Z. Z. W. W. (2003). A Survey of Pervasive Computing. Computer Science, 4, 004. http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotal-JSJA200304004.htm

Beigl, M., Krohn, A., Zimmer, T., and Decker, C. (2004). Typical sensors needed in ubiquitous and pervasive computing. Proceesdings of INSS, 22-23. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.4.195&rep=rep1&type=pdf

Cole, J. (2004). On the relation between sensory input and action. Journal of motor behavior, 36(3), 243-244. doi: 10.3200/JMBR.36.3.243-244. http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3200/JMBR.36.3.243-244

Kloske, M. J. (2002). Building Blocks for a Pervasive Computing Environment. Thesis, School of Information Technol and Elec Engineering, The University of Queensland.http://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:220633

Yan, L., Zhang, Y., Yang, L. T., & Ning, H. (2008). The Internet of things: from RFID to the next-generation pervasive networked systems. CRC Press. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=_ZS_g_IHhD0C&oi=fnd&pg=PP1&dq=%22The+Internet+of+things:+from+RFID+to+the+next-generation+pervasive+networked+systems%22&ots=RJ3lhdkg-6&sig=ZatC6MPAPL_Z0udUho3CB8i9fjg

Salim, F., and Haque, U. (2015). Urban computing in the wild: A survey on large scale participation and citizen engagement with ubiquitous computing, cyber physical systems, and Internet of

on Mobile Business (ICMB'05) (pp. 623-629). IEEE. http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1493672

Xiao, Y., Shen, X., Sun, B. O., & Cai, L. (2006). Security and privacy in RFID and applications in telemedicine. IEEE communications magazine, 44(4), 64-72. http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1632651

Fry, E., & Lenert, L. A. (2005, January). MASCAL: RFID Tracking of Patients, Staff and Equipment to Enhance HospitalResponse to Mass Casualty Events. In AMIA Annual Symposium Proceedings, Washington, D.C. http://www.academia.edu/download/32403360/pdf.pdf

Senior, A., & Copley, R. (2008). Deploying a new system for recording and managing information during an emergency to aid decision making. Journal of business continuity & emergency planning, 2(3), 267-280. http://www.ingentaconnect.com/content/hsp/jbcep/2008/00000002/00000003/art00007

Cutter, S. L., Emrich, C. T., Adams, B. J., Huyck, C. K., & Eguchi, R. T. (2007). New information technologies in emergency management. Emergent Management: Principles and Practice for Local Government, 280-297. https://books.google.com/books?id=Wfc6AlM2RW8C&pg=PA339&lpg=PA339&dq=%22New+information+technologies+in+emergency+management%27+cutter&source=bl&ots=ptMVo3lDdF&sig=Zl3PZNzDN-A6bRhLvU3aRwPrrbI&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjm3fOg5IvPAhVD7BQKHQMXD4gQ6AEIHDAA

Alfonso, G. H., & Suzanne, S. (2008). Crisis Communications Management on the Web: How Internet-Based Technologies are Changing the Way Public Relations Professionals Handle Business Crises. Journal of Contingencies and Crisis Management, 16(3), 143-153. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1468-5973.2008.00543.x/full

Kolios, P., Milis, G., Panayiotou, C., Staykova, T., & Papadopoulos, H. (2015, November). A resource-based decision support tool for emergency response management. In 2015 2nd International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM) (pp. 159-165). IEEE. http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=7402032

Serrano, E., Botia, J. A., and Cadenas, J. M. (2009). Ubik: a multi-agent based simulator for ubiquitous computing applications. Journal of Physical Agents, 3(2), 39-43. http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/12570

Campuzano, F., Doumanis, I., Smith, S., and Botia, J. A. (2014). Intelligent Environments Simulations, Towards a Smart Campus. In Workshop Proceedings of SmartUni 2014 Workshop-(CEUR-WS. org). https://www.researchgate.net/profile/Serengul_Smith/publication/268075732_Intelligent_Environments_Simulations_Towards_a_Smart_Campus/links/5460d41a0cf27487b45260d2.pdf

Garcia-Valverde, T., Serrano, E., and Botia, J. A. (2014). Combining the real world with simulations for a robust testing of Ambient Intelligence services. Artificial Intelligence Review, 42(4), 723-746. doi: 10.1007/s10462-012-9340-4. http://link.springer.com/article/10.1007/s10462-012-9340-4

Things. International Journal of Human-Computer Studies. doi: 10.1016/j.ijhcs.2015.03.003. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581915000488

Satyanarayanan, M. (2001). Pervasive computing: Vision and challenges. Personal Communications, IEEE, 8(4), 10-17. doi: 10.1109/98.943998. http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=943998

Maine Emergency Management Agency. (2007). What is Emergency Management?. Retrieved 2016-02-22. https://www1.maine.gov/mema/training/

Seeger, M. W., Sellnow, T. L., and Ulmer, R. R. (1998). Communication, organization and crisis. Communication Yearbook 21: 231–275. http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/23808985.1998.11678952

Kimberly, C. (2003). Disaster preparedness in Virginia Hospital Center-Arlington after Sept 11, 2001. Disaster Management and Response, 1(3), 80-86. doi: 10.1016/S1540-2487(03)00048-8. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1540248703000488

Asian Disaster Preparedness Center (ADPC). (2000). Community Based Disaster Management (CBDM): Trainers Guide Module for Disaster Management. Bangkok, Thailand. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjHmZqa4ovPAhWFKCwKHUuzDCwQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.pacificdisaster.net%2Fpdnadmin%2Fdata%2Foriginal%2FSLB_NDMO_2005_dm.pdf&usg=AFQjCNFpRX8Pa_7zt1AZrpxIvZPWQSIOIQ&sig2=3qj1mqkAWsbb8UJpV4GPDA&bvm=bv.132479545,d.bGg

Atmanand. (2003). Insurance and Disaster Management: The Indian Context. Disaster Prevention and Management, 12(4), 286-304. http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/09653560310493105

Tuscaloosa. (2003). Tuscaloosa County Emergency Management Cycle. Retrieved 2016-02-28, from http://www.tuscoema.org/cycle.html.

Turner, B. A. (1976). The Organizational and Interorganizational Development of Disasters. Administrative Science Quarterly, 21(3), 378-397. doi: 10.2307/2391850. http://www.jstor.org/stable/2391850

Toft, B., and Reynolds, S. (1994). Learning from disasters. Butterworth-Heinemann. http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-349-27902-9

Shaluf, I. M., Ahmadun, F. R., and Mustapha, S. (2003). Technological Disaster's Criteria and Models. Disaster Prevention and Management, 12(4), 305-311. http://www.emeraldinsight.com/doi/pdf/10.1108/09653560310493114

Kelly, C. (1999). Simplifying Disasters: Developing a Model for Complex Non-Linear Events Australian. Journal of Emergency Management, 14(1), 25-27. https://search.informit.com.au/documentSummary;dn=395428323254686;res=IELAPA

Richardson, B. (1994). Socio-Technical Disasters: Profile and Prevalence. Disaster Prevention and Management, 3(4), 41-69. http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/09653569410076766

Ferscha, A., & Zia, K. (2010). Lifebelt: Crowd evacuation based on vibro-tactile guidance. IEEE Pervasive Computing, 9(4), 33-42. http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5586692

Michael, K., & McCathie, L. (2005, July). The pros and cons of RFID in supply chain management. In International Conference