

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-15-0179****Spoľahlivosť záchranných systémov na infraštruktúre s neistou funkcionalitou kritických prvkov**Zodpovedný riešiteľ **prof. RNDr. Jaroslav Janáček, CSc.**Príjemca **Žilinská univerzita v Žiline**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta riadenia a informatiky

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Department of Engineering, University of Durham, GB
Department of Engineering, University of Napoli Parthenope, Italy
Energy Security, Distribution and Markets Unit, Joint Research Centre, Ispre, Italy

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

nie

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

Kapitoly vo vedeckých monografiách vydané v zahraničných vydavateľstvách (ABC)

1. Kvet Marek: Advanced radial approach to resource location problems. In: Developments and advances in intelligent systems and applications. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-58963-3. s. 29-48. (Studies in computational intelligence, 718. ISSN 1860-949X).

Citácie: 1

Vedecké práce v zahraničných karentovaných časopisoch (ADC)

2. Kleineberg Kaj-Kolja, Buzna Ľuboš, Papadopoulos Fragkiskos, Boguňá Marián, Serrano M. Ángeles: Geometric correlations mitigate the extreme vulnerability of multiplex networks against targeted attacks. In: Physical Review Letters. ISSN 0031-9007. Roč.2017, č.118 (2017), s. 218301. Prístup:

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.118.218301>.

Citácie: 11

3. Janáček Jaroslav, Koháni Michal, Koniorczyk Matyas, Márton Peter: Optimization of periodic crew schedules with application of column generation method. In: Transportation Research, Part C: Emerging technologies. ISSN 0968-090X. Vol. 83 (2017), s. 165-178.

Citácie: 16

4. Cebecauer Matej, Buzna Ľuboš: A versatile adaptive aggregation framework for spatially large discrete location-allocation problems. In: Computers & industrial engineering [elektronický zdroj]. ISSN 0360-8352. Vol. 111 (2017), online, s. 364-380. Prístup:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835217303248>.

Citácie: 4

5. Buzna Ľuboš, Carvalho Rui: Controlling congestion on complex networks: fairness, efficiency and network structure. In: Scientific Reports [elektronický zdroj]. ISSN 2045-2322. Vol. 7 (2017), online [15] s. Prístup: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-09524-3.pdf>.

Citácie: 3

6. Petrov Tibor, Pocta Peter, Roman Ján, Buzna Ľuboš, Dado Milan: A feasibility study of privacy ensuring emergency vehicle approaching warning system. In: Appl. Sci. 2020, 10, 298. Prístup: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/1/298>.

Vedecké práce v zahraničných časopisoch registrovaných v databázach Web of Science alebo SCOPUS (ADM)

7. Janáček Jaroslav, Kvet Marek: Semi-fair design of emergency service system with failing centers. In: Central European Journal of Operations Research [elektronický zdroj]. ISSN 1613-9178. (2016), s. 1-13. Online: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10100-016-0456-5>

Citácie: 2

8. Jánošíková Ľudmila, Herda Miloš, Haviar Michal: Hybrid genetic algorithms with selective crossover for the capacitated p-median problem. In: Central European Journal of Operations Research. ISSN 1435-246X. Vol. 25, iss. 3 (2017), s. 651-664.

Citácie: 11

9. Janáček Jaroslav, Kvet Marek: An approach to uncertainty in emergency service systems via scenarios and fuzzy values. In: Croatian operational research review. ISSN 1848-0225. Vol. 8, no. 1 (2017), s. 237-248. Časopis vychádza aj online s ISSN 1848-9931.

Citácie: 2

10. Janáček Jaroslav, Kvet Marek: Characteristic of a critical network arc in a service. In: Transport problems. ISSN 2300-861X, č.12 (2017), s. 141-146. (publikované po konferencii v Poľsku v r.2017).

Citácie: 1

11. Kvet Marek, Janáček Jaroslav: Fair emergency system design under uncertainty. In Central European Journal of Operations Research, ISSN 1435-246X, Vol. 26, no. 3, 2018, s. 599-609. Scopus.

Citácie: 2

12. Cebecauer Matej, Buzna Ľuboš: Large-scale test data set for location problems [electronic]. In: Data in Brief [print]. ISSN 2352-3409. č. 17 (2018), s. 267-274. Prístup: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340918300118>.

13. Kvet Marek, Janáček Jaroslav: Kernel-like Search for Robust Emergency System Designing. In: Croatian Operational Research Review. ISSN 1848-9931. Roč.9, č.2 (2018), s. 293-299. Časopis indexovaný.

Citácie: 1

14. Jánošíková Ľudmila, Kvet Marek, Jankovič Peter, Gábrišová Lýdia: An optimization and simulation approach to emergency stations relocation [electronic]. In: Central European Journal of Operations Research [print, electronic]. ISSN 1435-246X. Roč. 27, č. 3 (2019), s. 737-758 [print, online].

15. Janáček Jaroslav, Gábrišová Lýdia: User-fair designing emergency service systems [electronic]. In: Transport [print]. ISSN 1648-3480 (online). Roč. 34, č. 4 (2019), s. 499-507.

16. Janáček Jaroslav, Gábrišová Lýdia, Plevný Miroslav: Fair facility allocation in emergency service system. In: Journal of Business Economics and Management. ISSN 1611-1699. Roč. 21, č. 4 (2020), s. 1058-1071. Prístup: <https://doi.org/10.3846/jbem.2020.12823>.

Vedecké práce v domácich časopisoch registrovaných v databázach Web of Science alebo SCOPUS (ADN)

17. Janáček Jaroslav, Kvet Marek: Min-max robust emergency service system design. In: Communications: scientific letters of the University of Žilina. ISSN 1335-4205. Vol. 18, no. 3 (2016), s. 12-18.

Citácie: 4

18. Czimmermann Peter, Koháni Michal: Characteristics of changes of transportation performance for pairs of critical edges. In: Communications: scientific letters of the University of Žilina. ISSN 1335-4205. Roč. 20, č. 3 (2018), s. 84-87.

Citácie: 1

- Publikované pozvané príspevky na domácich vedeckých konferenciách (AFB)
19. Buzna Ľuboš: Equitable distribution of scarce resources in transportation networks. In: ITAT 2016: Information technologies - applications and theory [elektronický zdroj]: proceedings: conference on theory and practice of information technologies, Tatranské Matliare, Slovakia. [S.l.]: Create Space Independent Publishing Platform, 2016. ISBN 978-15370-1674-0, s. 197-199. (CEUR Workshop Proceedings, Vol. 1649. ISSN 1613-0073). Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách (AFC)
20. Jankovič Peter: Calculating reduction coefficients for optimization of Emergency Service System using microscopic simulation model. In: CINTI 2016: 17th IEEE international symposium on Computational intelligence and informatics: 2016 November 17th-19th, Budapest, Hungary, Obuda University: proceedings. [S.l.]: IEEE, 2016. ISBN 978-1-5090-3909-8. s. 163-168.
- Citácie: 4
21. Kvet Marek, Janáček Jaroslav: Composed min-max and min-sum radial approach to the emergency system design. In: Operations research proceedings 2015: selected papers of the international conference of the German, Austrian and Swiss operations research society (GOR, ÖGOR, SVOR/ASRO), University of Vienna, Austria, September 1-4, 2015. ISSN 0721-5924. [S.l.]: Springer, 2017. ISBN 978-3-319-42901-4. s. 41-47.
22. Koháni Michal, Czimmermann Peter, Váňa Michal, Cebecauer Matej, Buzna Ľuboš: Designing charging infrastructure for a fleet of electric vehicles operating in large urban areas. In Proceedings of the 6th International Conference on Operations Research and Enterprise Systems (ICORES 2017), s. 360-368.
- Citácie: 1
23. Janáček Jaroslav, Kvet Marek: Characteristics of a critical network ARC in a service system. In: Transport problems 2017 [elektronický zdroj]: IX international scientific conference, Katowice and VI international symposium of young researchers, proceedings: Silesian University of Technology. ISBN 978-83-945717-4-0. CD-ROM, s. 233-238.
24. Janáček Jaroslav, Kvet Marek: Min-max fair emergency system with randomly occupied centers. In: Operations Research Proceedings 2016: selected papers of the annual international conference of the German operations research society (GOR), Helmut Schmid University, Germany. ISSN 0721-5924. [S.l.]: Springer, 2017. ISBN 978-3-319-55701-4. s. 307-312.
25. Kvet Marek, Janáček Jaroslav: Struggle with curse of dimensionality in robust emergency system design. In: Mathematical methods in economics [elektronický zdroj]: 35th international conference: Hradec Králové, Czech Republic, September 13th-15th, 2017: conference proceedings. Hradec Králové: Gaudeamus. ISBN 978-80-7435-678-0. CD-ROM, s. 396-401.
- Citácie: 1
26. Jánošíková Ľudmila, Jankovič Peter, Kvet Marek: Improving emergency system using simulation and optimization. In: SOR'17: proceedings of the 14th international symposium on operational research: Bled, Slovenia, September 27-29, 2017. Ljubljana: Slovenian Society Informatics, Section for Operational Research, 2017. ISBN 978-961-6165-50-1. s. 269-274.
- Citácie: 5
27. Czimmermann Peter, Koháni Michal, Buzna Ľuboš: The design of charging infrastructure for electric vehicles and its properties. In: SOR'17: proceedings of the 14th international symposium on operational research: Bled, Slovenia, September 27-29, 2017. Ljubljana: Slovenian Society Informatics, Section for Operational Research, 2017. ISBN 978-961-6165-50-1. s. 123-128.
28. Janáček Jaroslav, Gábrišová Lýdia: Collective fairness in emergency system designing. In: SOR'17: proceedings of the 14th international symposium on operational research: Bled, Slovenia, September 27-29, 2017. Ljubljana: Slovenian Society Informatics, Section for Operational Research, 2017. ISBN 978-961-6165-50-1. s. 135-140.
29. Koháni Michal, Janáček Jaroslav: Acceleration strategies of the column generation method for the crew scheduling problem. In: SOLI 2017: IEEE international conference on Service operations and logistics, and informatics: September 18-20, 2017 Bari, Italy. [S.l.]: IEEE, 2017. ISBN 978-1-5090-5847-1. [4].
30. Janáček Jaroslav, Kvet Marek: Efficient robust design of public rescue service system. In: SOLI 2017: IEEE international conference on Service operations and logistics, and

- informatics: September 18-20, 2017 Bari, Italy. [S.I.]: IEEE, 2017. ISBN 978-1-5090-5847-1. [4].
31. Kvet Marek, Janáček Jaroslav: Iterative approaches to design of robust emergency system. In: SOLI 2017: IEEE international conference on Service operations and logistics, and informatics: September 18-20, 2017 Bari, Italy. [S.I.]: IEEE, 2017. ISBN 978-1-5090-5847-1. [4].
32. Janáček Jaroslav, Kvet Marek: Detrimental scenario construction based on network link characteristics. In Proceedings of the 19th International Carpathian Control Conference (ICCC) 2018, ISBN 978-1-5386-4761-5, s. 629-632(SCOPUS).
Citácie: 2
33. Kvet Marek, Janáček Jaroslav: Scenario dominance for acceleration of robust service system design method. In Proceedings of the 19th International Carpathian Control Conference (ICCC), 2018, ISBN 978-1-5386-4761-5, s. 639-642(SCOPUS).
Citácie: 1
34. Janáček Jaroslav, Kvet Marek: Convex approach with sub-gradient method to robust service system design. In Operations Research Proceedings 2017: Selected Papers of the Annual International Conference of the German Operations Research Society (GOR), Freie Universität Berlin, Germany, September 6–8, 2017, ISSN 0721-5924, Springer, 2018, ISBN 978-3-319-89919-0, s. 421-427.
35. Koháni Michal, Czimmermann Peter, Cebecauer Matej, Váňa Michal, Buzna Ľuboš: Location-scheduling optimization problem to design private charging infrastructure for electric vehicles [print]: International conference on Operations research and enterprise systems, 24.-26.01.2018, Portugalsko; Capelle. ICORES 2018: proceedings of the 7th international conference on Operations research and enterprise systems/Demange, Marc [S.I.]: SciTePress, 2018. ISBN 978-989-758-285-1. ISBN (online) 978-3-319-94767-9, s. 151-169(SCOPUS).
Citácie: 1
36. Kvet Marek, Janáček Jaroslav: Comprehensive network arc characteristic relative to public service system. In: IEEE Workshop on Complexity in Engineering (COMPENG), 2018. ISBN 978-1-5386-5338-8. s. 1-4.
37. Jánošíková Ľudmila, Jankovič Peter: Emergency medical system design using kernel search. In: IEEE Workshop on Complexity in Engineering (COMPENG), 2018. ISBN 978-1-5386-5338-8. s. 1-6.
Citácie: 1
38. Gardlo Miroslav, Buzna Ľuboš, Carvalho Rui, Gibbens Richard, Kelly Frank: Collective effects and performance of algorithmic electric vehicle charging strategies. In: IEEE Workshop on Complexity in Engineering (COMPENG), 2018. ISBN 978-1-5386-5338-8. s. 1-7.
Citácie: 1
39. Czimmermann Peter, Koháni Michal: Computation of transportation performance in public service systems. In: IEEE Workshop on Complexity in Engineering (COMPENG), 2018. ISBN 978-1-5386-5338-8. s. 1-5.
Citácie: 2
40. Janáček Jaroslav: System optimization or competition of providers in emergency service system reengineering [electronic]. In: ICCC 2019, roč. 20 [electronic]: 20th International Carpathian Control Conference (ICCC). 1. vydanie Danvers: IEEE Industry Applications Society, 2019. ISBN 978-1-7281-0701-1. s. 1-6 [USB-key] (SCOPUS).
41. Kvet Marek: Fast approximate algorithm for robust emergency system design [electronic]. In: ICCC 2019, roč. 20 [electronic]: 20th International Carpathian Control Conference (ICCC). 1. vydanie Danvers: IEEE Industry Applications Society, 2019. ISBN 978-1-7281-0701-1. s. 1-6 [USB-key] (SCOPUS).
42. Kvet Marek, Janáček Jaroslav, Kvet Michal: Computational study of emergency service system reengineering under generalized disutility [electronic]. In: Operations research and enterprise systems [print, electronic]: revised selected papers.1. vydanie Cham: Springer International Publishing AG, 2019. ISBN 978-3-030-16034-0. s.198-219 [print, online] (SCOPUS).
Citácie: 1
43. Straka Milan, Buzna Ľuboš: Use case and introductory analysis of the dataset collected within the large network of public charging stations [print]. In: Reliability and statistics in

transportation and communication: selected papers from the 18th international conference. 1. vydanie Cham: Springer Nature, 2019. s.203-213 [print] (SCOPUS).

Citácie: 1

44. Czimmermann Peter, Buzna Ľuboš: A network flow formulation of the location-scheduling problem for electric vehicle charge stations with incomplete information [electronic]. In: Operations research proceedings 2018 [print]: selected paper. 1. vyd. Cham: Springer International Publishing AG, 2019. ISBN 978-3-030-18499-5. s. 235-241. Prístup: <http://springer.com/gp/book/9783030184995>.

45. Janáček Jaroslav, Kvet Marek: Usage of uniformly deployed set for p-location min-sum problem with generalized disutility. In: Proceedings of the 15th International Symposium on Operational Research, 2019, Bled, Slovenia, ISBN 978-961-61658-55-6, s. 494-499.

46. Jánošíková Ľudmila, Jankovič Peter, Mikolajčík S.: Demand point aggregation in urban emergency medical service: A case study from Slovakia. In: Proceedings of the 15th International Symposium on Operational Research, 2019, Bled, Slovenia, ISBN 978-961-61658-55-6, s. 193-198.

47. Kvet Marek, Janáček Jaroslav: Robust emergency system design using reengineering approach [print]. In: ICORES 2020 [print]: proceedings of the 9th international conference on Operations research and enterprise systems. ISSN 2184-4372. 1. vyd. [S.l.]: SciTePress, 2020. ISBN 978-989-758-396-4. s. 172-178 [print, online] (SCOPUS).

48. Pourhashem Ghadir, Buzna Ľuboš, Kováčiková Tatiana, Hudák Martin: Exploring women travel behaviour in the region of Žilina from large scale mobility survey [electronic]. In: Reliability and statistics in transportation and communication [print, electronic]: selected papers from the 18th international conference. 1. vyd. Cham: Springer Nature, 2019. ISBN 978-3-030-12449-6. s. [1-15] [print] (SCOPUS).

Citácie: 1

49. Kvet Marek, Janáček Jaroslav: Selected approximate approaches to robust emergency service system design. In: Operations Research and Enterprise Systems: 9th International Conference ICORES 2020, Valletta, Malta, Revised Selected Papers, Springer, Series: Communications in Computer and Information Science book series, v tlači

50. Janáček Jaroslav, Kvet Marek: Uniform deployment of the p-location problem solutions. In: Operations Research Proceedings 2019: Selected Papers of the Annual International Conference of the German Operations Research Society (GOR), Dresden, Germany, September 4-6, 2019, Springer, v tlači

51. Kvet Marek, Janáček Jaroslav: Usage of uniform deployment for heuristic design of emergency system. In: Operations Research Proceedings 2019: Selected Papers of the Annual International Conference of the German Operations Research Society (GOR), Dresden, Germany, September 4-6, 2019, Springer, v tlači

Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách (AFD)

52. Jánošíková Ľudmila, Vasilovský Patrik: Grouping genetic algorithm for the capacitated p-median problem [Skupinový genetický algoritmus pre kapacitný p-medián]. In: Information and digital technologies 2017 [elektronický zdroj]: proceedings of the international conference: 5-7 July 2017 Žilina, Slovakia. [S.l.]: IEEE, 2017. ISBN 978-1-5090-5688-0. USB kľúč, s. 152-159 (SCOPUS).

Citácie: 1

53. Janáček Jaroslav, Kvet Marek: Fast algorithm for determination of full network arc characteristic in a service system. In: Proceedings of the International Scientific Conference Quantitative Methods in Economics - Multiple Criteria Decision Making XIX, 2018, ISBN 978-80-89962-08-2, s. 152-158.

54. Jánošíková Ľudmila: Kernel search for the capacitated p-median problem. In: Proceedings of the International Scientific Conference Quantitative Methods in Economics – Multiple Criteria Decision Making XIX, Trenčianske Teplice, Slovak Republic, 23 - 25 May 2018. Bratislava: Letra Edu, 2018. ISBN 978-80-89962-07-5, s. 158-164.

Citácie: 1

55. Czimmermann Peter, Buzna Ľuboš, Koháni Michal: Network flows as a tool for solving location-scheduling problem to optimize charging infrastructure for electric vehicles, 17th Conference on Applied Mathematics, APLIMAT 2018 - Proceedings 2018-February, s. 280-289 (SCOPUS).

56. Straka Milan, Buzna Ľuboš: Clustering algorithms applied to usage related segments of electric vehicle charging stations [electronic]. In: TRANSCOM 2019 [electronic]: conference

proceedings. ISSN 2352-1465. 1. vydanie Amsterdam: Elsevier Science, 2019. s.1576-1582 [online]. (SCOPUS).

57. Grygar Dobroslav, Koháni Michal, Štefún Rastislav, Drgoňa Peter: Analysis of limiting factors of battery assisted trolleybuses [electronic]. In: TRANSCOM 2019 [electronic]: conference proceedings. ISSN 2352-1465. 1. vyd. Amsterdam: Elsevier Science, 2019. s. 229-235 [online]. (SCOPUS) Prístup: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146519301966>.

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky tohto projektu, aj keď ide o projekt základného výskumu, nemajú zďaleka iba teoretickú hodnotu. Okrem rôznych zistených faktov sú sprevádzané vývojom a testovaním rôznych riešiacich techník a to ako exaktných, tak aj heuristických. Algoritmy vyvinuté a testované pri plnení výskumných cieľov tohto projektu sú bez väčších úprav použiteľné na zisťovanie charakteristík úsekov cestnej siete kritických pre navrhnutý záchranný systém a aj pre generovanie škodlivých scenárov, ktoré môžu byť použité pre testovanie robustnosti návrhu záchranného systému. Okrem týchto algoritmov bol vyvinutý prístup k navrhovaniu záchranného systému, v ktorom je rešpektovaný stochastický charakter systému. V praxi to znamená, že požiadavka užívateľa je s istou pravdepodobnosťou obslužená z prvého, druhého alebo až tretieho geograficky najbližšieho strediska. Tento prístup je založený na radiálnych modeloch umiestňovacích úloh a nevyžaduje žiadne dlhotrvajúce implementačné programátorské práce, ale je priamo použiteľný na bežne dostupných komerčných IP-solveroch. Okrem toho prispôsobený radiálny prístup umožňuje taktiež riešiť reengineering záchranného systému a aj návrh robustného systému, kde sú zohľadňované škodlivé scenáre. Navyše v záverečných etapách tohto projektu bolo vyvinutých niekoľko heuristických techník využívajúcich špecifiká množiny p-lokačných úloh, ktoré je možné použiť v nástrojoch na podporu rozhodovania pri navrhovaní reálnych záchranných obslužných systémov, kde mierou užitočnosti systému pre priemerného používateľa je čas dostupnosti služby.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Cieľom projektu bolo získať metódy a postupy na návrh spoľahlivých záchranných systémov na infraštruktúre s neistou funkcionalitou kritických prvkov. Naš výskum v oblasti nejistej funkcionality prvkov systému sledoval dva smery a to neistotu spôsobenú endogénnymi a exogénnymi procesmi. Prvý smer riešil situácie, kde najbližšie obslužné stredisko bolo obsadené kvôli náhodnému príchodu požiadavky a novo vzniknutá požiadavka musela byť obslužená z druhého alebo tretieho najbližšieho strediska. Druhý smer sa zaoberal situáciami, ktoré nastanú vznikom náhodným výpadkom úseku dopravnej siete. V prvom prípade sme navrhli zovšeobecnený model návrhu záchranného systému a vypracovali sme radiálny prístup na riešenie úlohy reengineeringu záchranného systému a aj úlohy návrhu robustného systému, kde sú zohľadňované škodlivé scenáre [vid' 1, 4, 5, 7, 12, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 24, 26]. Navyše sme vyvinuli niekoľko heuristických techník využívajúcich špecifiká množiny riešení p-lokačných úloh na navrhovaní reálnych záchranných obslužných systémov, kde mierou užitočnosti systému pre priemerného používateľa je čas dostupnosti služby [vid' 8, 45, 50, 51]. V druhom prípade sme vyvinuli a testovali algoritmy na zisťovanie charakteristík úsekov cestnej siete kritických pre daný záchranný systém. Taktiež sme navrhli postupy na generovanie škodlivých scenárov pre testovanie robustnosti návrhu záchranného systému [vid' 2, 9, 10, 18, 23, 32, 33, 34, 36]. Pre takto formalizovanú neistotu kritických úsekov dopravnej siete sme skonštruovali algoritmy na návrh záchranného systému odolného proti výpadkom v dopravnej sieti [vid' 11, 13, 17, 25, 30]. Aj keď hlavným typom skúmaných systémov boli záchranné obslužné systémy, zahrnuli sme do nášho výskumu aj systémy verejnej dopravy z pohľadu optimalizácie rozvrhov alebo navrhovania infraštruktúry potrebnej pre nasadenie elektrických vozidiel [vid' 3, 6, 22, 27, 29, 35, 38, 43, 57].

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The goal of the project was to develop novel methods for design of reliable emergency service systems on an infrastructure with uncertain functionality of critical elements. Our

research in the field of uncertain functionality followed two directions distinguishing endogenous and exogenous sources of uncertainty. In the first direction, the cases were solved, where the closest center was occupied by randomly emerging demand and the new demand had to be serviced from the second or third nearest center. The second direction dealt with situations, when a random fail of transportation network occurs. In the former case, we proposed the generalized model of the emergency service system design and we worked up the radial approach to solve the emergency system reengineering problem and also a solving technique for robust emergency service system design, where detrimental scenarios are taken into account [See 1, 4, 5, 7, 12, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 24, 26]. In addition, we developed and tested several heuristic techniques, which make use of special characteristics of the set of p-location problem solutions to design real emergency service systems, where system utility is the average response time of a user [See 8, 45, 50, 51]. In the latter case, we developed and tested algorithms for finding characteristics of road network links, which are critical for the given emergency service system. We also proposed methods of detrimental scenario generation for testing emergency service system design robustness [See 2, 9, 10, 18, 23, 32, 33, 34, 36]. Having formalized uncertainty of critical network links, we constructed algorithms for emergency system design resistant to failures in the transportation network [See 11, 13, 17, 25, 30]. Although the main type of studied systems was emergency service system, we included in our research also systems of public transport from the point of view of crew scheduling or design of infrastructure necessary for electric vehicles [See 3, 6, 22, 27, 29, 35, 38, 43, 57].