

読んだ論文の共有

tax_free

東京工業大学 情報理工学院 数理・計算科学系 学士課程 3 年

July 19, 2024

- 1 Maximal Covering Location Model for Doctor-Helicopter Systems with Two Types of Coverage Criteria [3]**
- 2 ドクターへリの課題に関する研究 [7]**
- 3 山間へき地におけるピックアップ型ドクターへリコプター運用上の課題 [6]**
- 4 Sequential ambulance dispatch models for optimizing emergency medical services [5]**
- 5 An emergency medical services system design using mathematical modeling and simulation-based optimization approaches [4]**
- 6 A scenario based approach to optimizing cost-effectiveness of physician-staffed Helicopter Emergency Medical Services compared to ground-based Emergency Medical Services in Finland [1]**
- 7 OptiMUS: Scalable Optimization Modeling with (MI)LP Solvers and Large Language Models [2]**

Maximal Covering Location Model for Doctor-Helicopter Systems with Two Types of Coverage Criteria [3]

論文情報

著者	Furuta, Takehiro and Tanaka, Ken-ich
雑誌	Urban and Regional Planning Review 2014, 10 39-58
url	https://www.jstage.jst.go.jp/article/urpr/1/0/1_39/_pdf

■ 論文の研究対象

- ドクターへリを用いた救急医療システムを既存の地上救急車システムに導入するためのモデルを提案した
- ドクターへリと救急車のランデブーポイントの最適化を行った

■ 貢献していること

- 2つのモード (ambulance mode, helicopter mode) を導入した
- ランデブーポイントの最適化に関する 0-1 整数計画問題の定式化を与えた

■ 面白い?

- マルチモーダルな救急医療サービス (EMS) の問題は面白い。ただ、使える場面が限定されそう
- ドクターへリの部分をドクターカーに置き換えると、どういった変化がある？

■ どういった知識が必要か?

- { EMS, 最適化, 地理データ・人口データの処理 }

Maximal Covering Location Model for Doctor-Helicopter Systems with Two Types of Coverage Criteria [3]

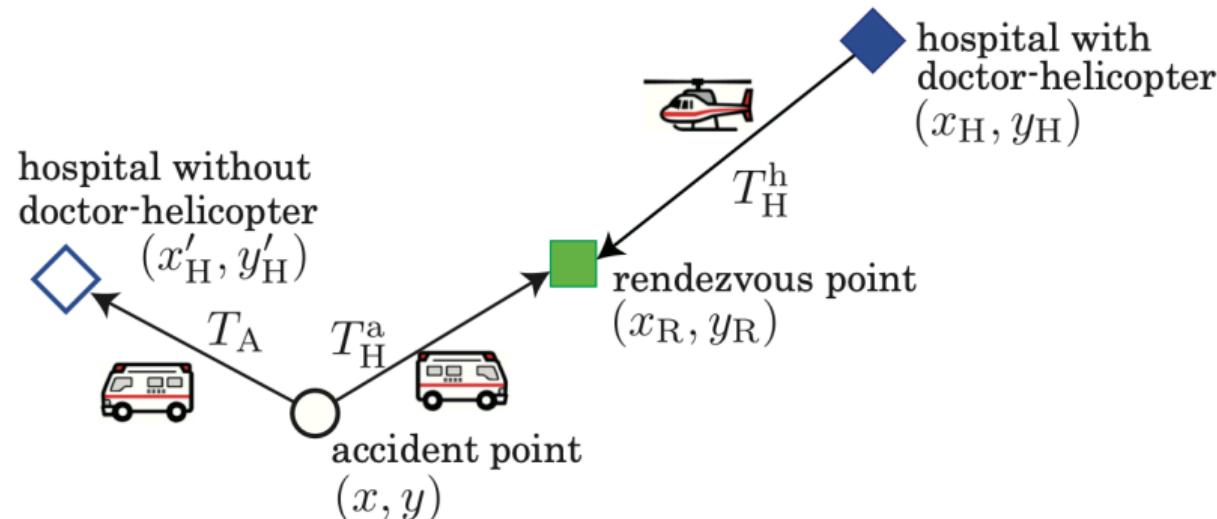


Figure-1: Two types of access to medical services

Maximal Covering Location Model for Doctor-Helicopter Systems with Two Types of Coverage Criteria [3]

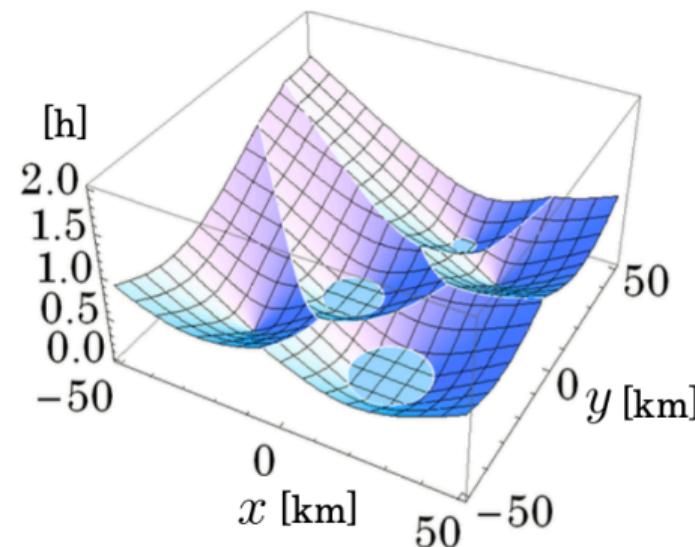


Figure-3: Access time to medical service
at each location

Maximal Covering Location Model for Doctor-Helicopter Systems with Two Types of Coverage Criteria [3]

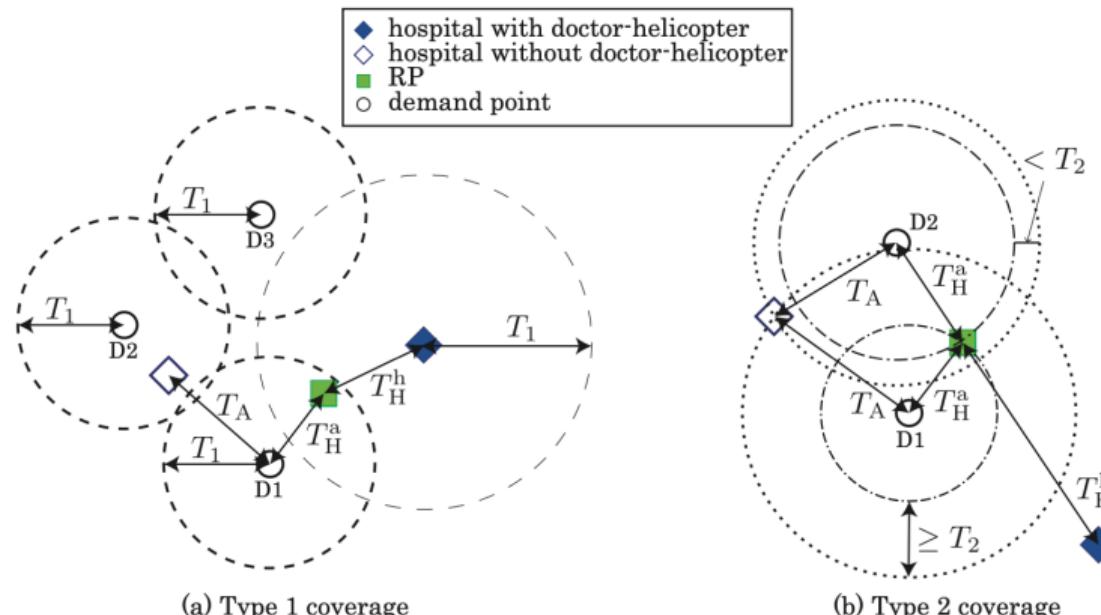


Figure-4: Transport times and two coverage types

Maximal Covering Location Model for Doctor-Helicopter Systems with Two Types of Coverage Criteria [3]

Maximal Covering Location Model with Two Types of Coverage Criteria

$$\text{max.} \quad \theta \sum_{i \in I} h_i u_i + (1 - \theta) \sum_{i \in I} h_i v_i, \quad (1)$$

$$\text{s. t.} \quad z_{jk} \leq x_j, \quad j \in J \ k \in K, \quad (2)$$

$$z_{jk} \leq y_k, \quad j \in J \ k \in K, \quad (3)$$

$$u_i \leq \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \alpha_{ijk}^1 z_{jk}, \quad i \in I, \quad (4)$$

$$v_i \leq \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \alpha_{ijk}^2 z_{jk}, \quad i \in I, \quad (5)$$

$$\sum_{j \in J} x_j = p, \quad (6)$$

$$\sum_{k \in K} y_k = q, \quad (7)$$

$$x_j \in \{0, 1\}, \quad j \in J, \quad (8)$$

$$y_k \in \{0, 1\}, \quad k \in K, \quad (9)$$

$$z_{jk} \in \{0, 1\}, \quad j \in J, \ k \in K, \quad (10)$$

$$u_i \in \{0, 1\}, \quad i \in I, \quad (11)$$

$$v_i \in \{0, 1\}, \quad i \in I. \quad (12)$$

Maximal Covering Location Model for Doctor-Helicopter Systems with Two Types of Coverage Criteria [3]

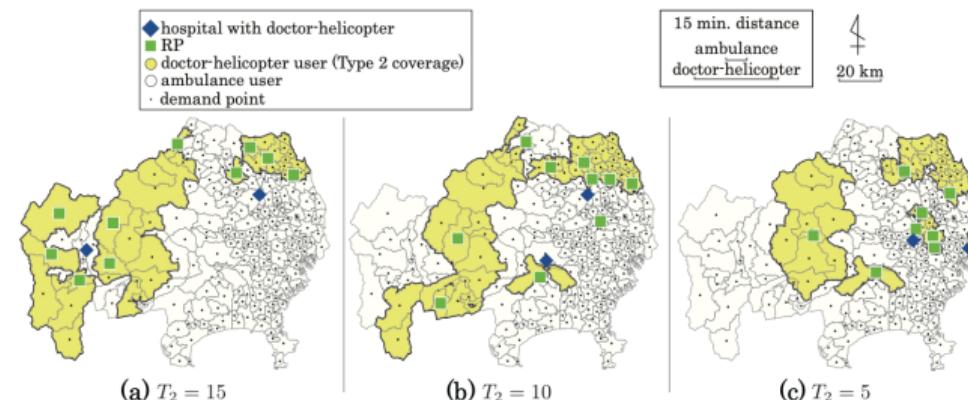


Figure-11: Optimal location (type 2 coverage only): $T_2 = 15, 10, 5$, $p = 10$, $q = 2$

ドクターへリの課題に関する研究 [7]

論文情報

著者	貞樹 猪口
雑誌	第8回救急・災害医療提供体制等の在り方に関する検討会, 資料 4
url	https://www.mhlw.go.jp/content/10802000/000360983.pdf

■ 論文の研究対象

- 日本国内におけるドクターへリの配置状況、活動範囲、カバー人口、要請方式、及び重複要請の課題などについてまとめた
- ドクターへリを配備する病院の配置を最適化した

■ 貢献していること

- 日本におけるドクターへリ運用に関する現状や課題、その近傍についてまとめた
- 配置最適化によってカバー人口の増加やカバー範囲外人口の減少を実現する配置を与えた
- オーバートリアージに関する問題を定量的に説明した

■ 面白い?

- (論文ではなく説明スライドだが) 全国レベルでの配置最適化は面白い
- 県境の有無で分けて考えているのは面白い
- 配置最適化だけではなく (オーバートリアージやキャンセル率などの) 多様なデータを定量的に分析しているのは面白い

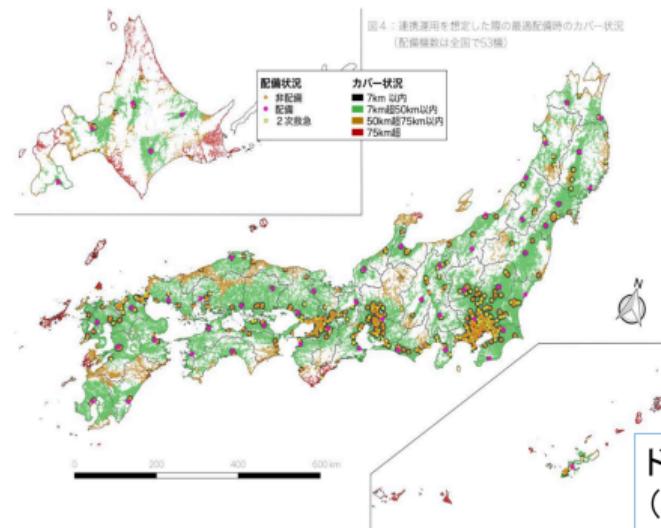
■ どういった知識が必要か?

- { EMS, 最適化, 医療データの統計的処理 }

ドクターへリの課題に関する研究 [7]

ドクターへリのカバー人口4

(H29年度厚生労働科学研究: 43道府県:53機、県境なしで最適配置後、県境なしで運用)



全国ドクターへリを、県境なしで救命救急センターに再配備(最適配置)し、さらに県境なしで運用した場合。

基地病院からの距離	現状 百万人 (構成比率)	県境なし運用 百万人 (構成比率)	全国最適化 百万人 (構成比率)
7~50 km	24.22 (72.59%)	26.59 (79.69%)	29.69 (88.98%)
50~75 km	5.29 (15.87%)	5.16 (15.46%)	2.80 (8.40%)
75 km超	3.85 (11.55%)	1.62 (4.85%)	0.87 (2.62%)

ドクターへリ53機を全国で県境なしで再配備
(最適配置)のうえ県境なしで運用すると、カ
バー範囲外人口は、さらに約75万人減少する。

ドクターへリの課題に関する研究 [7]

III-3:ドクターへリ以外の医療関連ヘリ:①単発エンジンのヘリ (平成28・29年度厚生労働科学研究)

- 米国の研究では、単発エンジンのEMSヘリは双発エンジン機に比較して事故率は高いが、死亡事故率は同等(非劣性)であったことが示されている。
- 本邦ドクターへリの主目的は、重症・重篤患者の搬送であるため、仮に単発エンジン機のエンジンが停止し、オートローテーションで不時着した場合、そこからヘリではなく救急車にて搬送しなければならず、患者搬送が遅れるため、患者の生命にかかる可能性が高い。
- 本邦ドクターへリでは、過去にエンジン停止による重大インシデントが2件報告されているが、双発エンジン機であったため飛行場に着陸できている。
- 医師派遣や安定した状態の症例の搬送に単発エンジン機を用いることは可能と思われるが、運送事業に該当する場合、市街地のヘリポートへの着陸は、オートローテーションでの着陸場所が確保できないと許可されないと可能性がある。
- 以上から、本邦では単発エンジン機を本邦ドクターへリに用いるのは不適当と思われる。単発エンジンのヘリの利用は自家用運航による医師派遣などに限られると考えられる。

山間へき地におけるピックアップ型ドクターへリコプター運用上の課題 [6]

論文情報

著者 白川 洋一 and 前川 聰一 and 西山 隆 and 岡 宏保 and 馬越 健介 and 菊地 聰 and 大坪里織
雑誌 日本救急医学会雑誌 2004, 15 8 288-296
url <https://doi.org/10.3893/jjaam.15.288>

■ 論文の研究対象

- 愛媛県の山間部におけるピックアップ型のドクターへリの運用に関する課題について定量的に分析した

■ 貢献していること

- 例ごとに架空のヘリ搬送をシミュレートするのではなく、一定の地区割りに従って地域内の時間要素を計算して比較する手法を提案した。

■ 面白い?

- 病院常駐のドクターへリではなくて、防災用のヘリを対象にしているのは面白い
- ヘリポートから任意の地点の移動時間を計算するのではなく、地区割りをして考えているのは面白い

■ どういった知識が必要か?

- { EMS, シミュレーション, 対象地域への理解 }

Sequential ambulance dispatch models for optimizing emergency medical services [5]

論文情報

著者	Yujiro Kawasaki and Shigeki Hagiwara and Jun'ichi Miki
雑誌	JSIAM Letters 2022, 14 100-103
url	https://doi.org/10.14495/jsiaml.14.100

■ 論文の研究対象

- EMS における救急車の配置最適化 (平均移動時間の最小化, 最大移動時間の最大化) のための動的モデル (逐次意思決定が行われる) を提案した

■ 貢献していること

- 救急車が帰還途中で再度出動する可能性を取り入れたモデルを提案した
- 平均移動時間の最小化, 最大移動時間の最大化の最適化を行った

■ 面白い?

- 2 つの目的関数を最適化し, それぞれの結果を Efficiency と Fairness の観点から分析しているのは面白い

■ どういった知識が必要か?

- { 最適化 (整数計画問題), EMS, シミュレーション, 地理データの処理 }

Sequential ambulance dispatch models for optimizing emergency medical services [5]

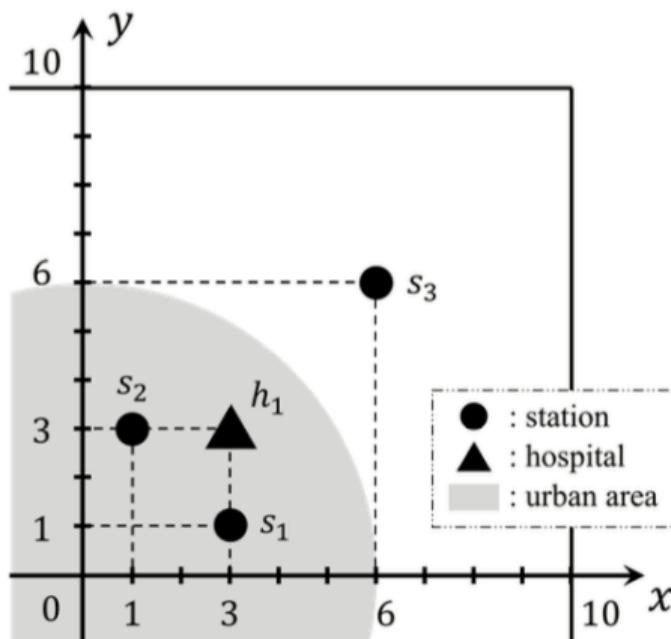


Fig. 1. Locations of stations, a hospital and an urban area.

An emergency medical services system design using mathematical modeling and simulation-based optimization approachess [4]

論文情報

著者	Adel Hatami-Marbini and Nilofar Varzgani and Seyed Mojtaba Sajadi and Ahmad Kamali
雑誌	Decision Analytics Journal 2022, 3 100059
url	https://doi.org/10.1016/j.dajour.2022.100059

■ 論文の研究対象

- EMS センターの位置と救急車の EMS センターへの割り当てを最適化し、生存率の最大化と運営コストの最小化を両立するためのモデルを提案した

■ 貢献していること

- 生存率の最大化と総コストの最小化を同時に達成するための 2 目的最適化モデルを提案した
- 実データを使用し、移動距離や時間帯の分割などのモデル化を提案した

■ 面白い?

- イランの Isfahan のデータを使用している点は面白い
- 移動距離の計算に GIS ソフトウェアだけではなく Google Maps を利用しているのは面白い

■ どういった知識が必要か?

- { EMS, モデリング, 地理データの処理 }

A scenario based approach to optimizing cost-effectiveness of physician-staffed Helicopter Emergency Medical Services compared to ground-based Emergency Medical Services in Finland [1]

論文情報

著者 Adel Hatami-Marbini and Nilofar Varzgani and Seyed Mojtaba Sajadi and Ahmad Kamali
雑誌 Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine 2024, 32 60
url <https://doi.org/10.1186/s13049-024-01231-z>

■ 論文の研究対象

- フィンランドにおける医師が搭乗するヘリコプター緊急医療サービス (HEMS) と地上救急医療サービス (EMS) のコスト効果をシナリオに基づいて最適化する方法を評価する方法を提案した

■ 貢献していること

- フィンランドに特有の問題を組み込んだ具体的なシナリオを複数検討している
- GIS を利用して 1km 四方のグリッドに分割して、それぞれにリスクカテゴリーや人口データなどを定義した
- 気象データを利用して、航空サービスの利用可能性を評価した

■ 面白い?

- 複数シナリオを検討して比較しているのは面白い
- フィンランドっぽい条件 (氷結防止システムの追加など) が追加されているのは面白い

■ どういった知識が必要か?

- { EMS, コスト効果分析 (増分費用効果比 (ICER)), 最適化 }

A scenario based approach to optimizing cost-effectiveness of physician-staffed Helicopter Emergency Medical Services compared to ground-based Emergency Medical Services in Finland [1]

Table 1 Overview of HEMS optimization scenarios

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 2.1	Scenario 3	Scenario 3.1	Scenario 3.2
Over-Alerts Reduced	Yes (30%)	No	No	Yes (30%)	Yes (30%)	Yes (30%)
Aviation Expansion	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes
FIPS for Extreme Weather	No	No	Yes	No	No	Yes
Stroke Patients	No	No	No	Included	Included	Included
Cost Drivers	No additional costs	PINS network and cloud penetration	FIPS, PINS network and cloud penetration	No additional costs	PINS network and cloud penetration	FIPS, PINS network and cloud penetration

FIPS Full Ice Protection System, PINS Point-in-Space

A scenario based approach to optimizing cost-effectiveness of physician-staffed Helicopter Emergency Medical Services compared to ground-based Emergency Medical Services in Finland [1]

Table 2 Results of HEMS scenarios: Comparative analysis of health outcomes, costs, and ICER

	Number of alarms	Prevented 30-day mortality	Stroke patients with good functional recovery	Total annual costs	QALYs	ICER
Scenario 1	5940	69.8	-	48,0 M€	864.87–1153.17	41 625–55 499 €/QALY
Scenario 2	15,763	70.2	-	48,4 M€	869.39–1159.19	41 753–55 671 €/QALY
Scenario 2.1	15,763	73.9	-	50,2–53,1 M€	914.98–1219.98	41 126–58 063 €/QALY
Scenario 3	5940	69.8	37,5	48,0 M€	1382.58–1843.44	26 038–34 718 €/QALY
Scenario 3.1	5940	72,1	37,5	48,4 M€	1414.70–1886.27	25 659–34 212 €/QALY
Scenario 3.2	5940	76,1	37,5	50,2–53,1 M€	1469.90–1959.87	25 600–36 143 €/QALY

QALYs Quality-adjusted life years, ICER Incremental cost-effectiveness ratio

OptiMUS: Scalable Optimization Modeling with (MI)LP Solvers and Large Language Models [2]

論文情報

著者	Ali AhmadiTeshnizi and Wenzhi Gao and Madeleine Udell
雑誌	arXiv
url	https://arxiv.org/abs/2402.10172

■ 論文の研究対象

- OptiMUS という最適化問題用の LLM エージェントを作成した

■ 貢献していること

- 複雑な問題を含む NLP4LP という新しいデータセットを作成した
- 既存のエージェントと比較して 30% 以上の性能向上を確認した

■ 面白い?

- LLM で最適化問題を解くのは無理があるので、エージェントとして使用するのは面白いし現実的

■ どういった知識が必要か?

- { LLM 最適化に関するモデリング }

OptiMUS: Scalable Optimization Modeling with (MI)LP Solvers and Large Language Models [2]

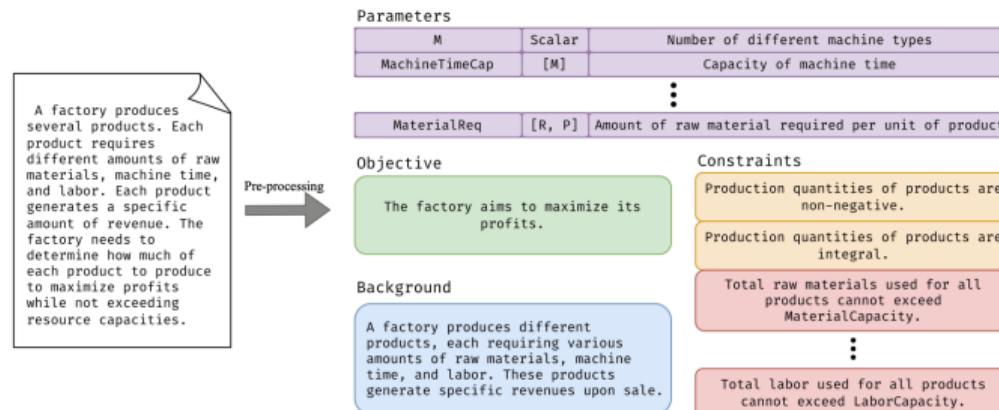


Figure 2. OptiMUS preprocesses natural language representations of a problem into a modular state. The components of the modular state are: 1) parameters and their shape, 2) objective, 3) background and context, and 4) implicit and explicit constraints.

OptiMUS: Scalable Optimization Modeling with (MI)LP Solvers and Large Language Models [2]

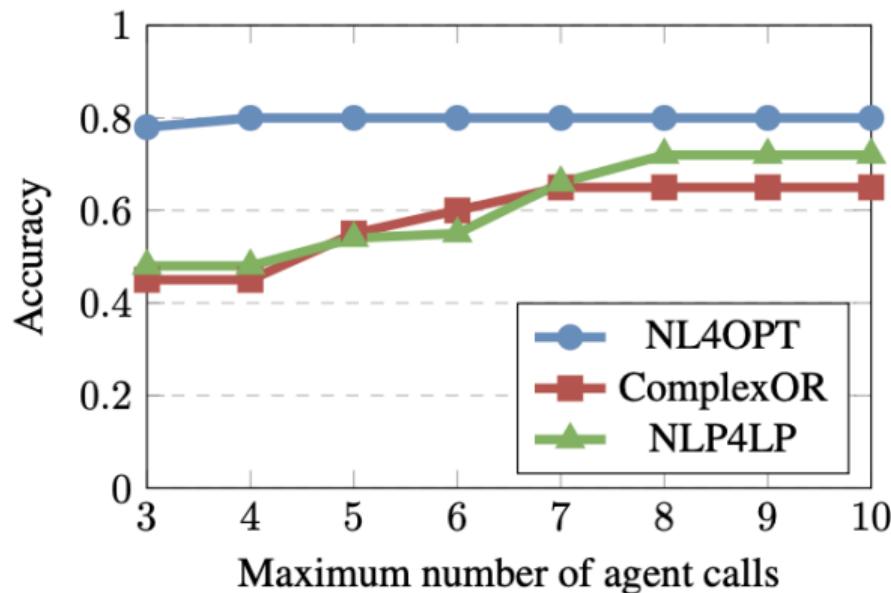


Figure 5. OptiMUS can solve more problems on difficult datasets (ComplexOR, NLP4OPT) when more agent calls are allowed, demonstrating the importance of self-improvement.

OptiMUS: Scalable Optimization Modeling with (MI)LP Solvers and Large Language Models [2]

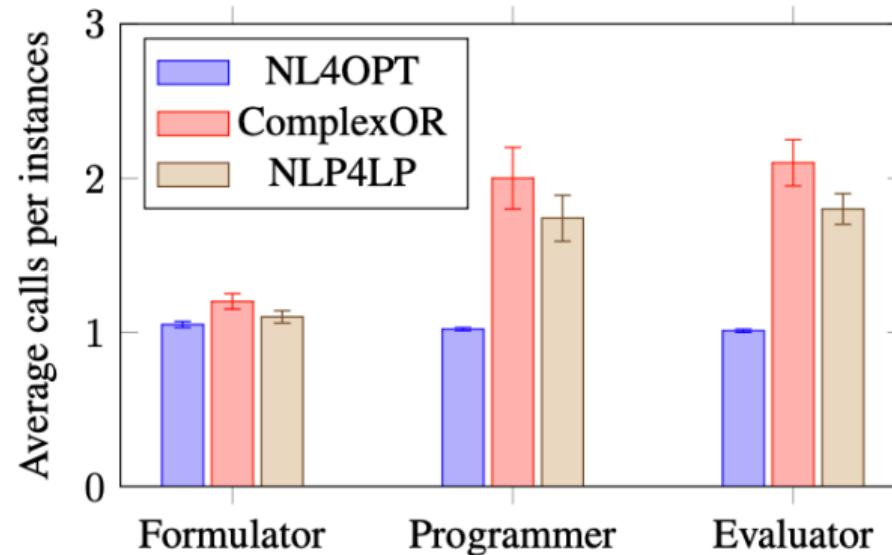


Figure 6. Average number of calls to each agent among solved problems. OptiMUS only requires one call per agent on the simple problems of NL4OPT. On the more complex datasets, it relies more heavily on the programmer to fix errors identified by the

 Axel Ackermann, Jukka Pappinen, Jouni Nurmi, Hilla Nordquist, Anssi Saviluoto, Santtu Mannila, Simo Mäkelä, and Paulus Torkki.

A scenario based approach to optimizing cost-effectiveness of physician-staffed helicopter emergency medical services compared to ground-based emergency medical services in finland.

Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine, 32:60, 2024.

 Ali AhmadiTeshnizi, Wenzhi Gao, and Madeleine Udell.

Optimus: Scalable optimization modeling with (mi)lp solvers and large language models, 2024.

 Takehiro Furuta and Ken-ich Tanaka.

Maximal covering location model for doctor-helicopter systems with two types of coverage criteria.

Urban and Regional Planning Review, 1(0):39–58, 2014.

 Adel Hatami-Marbini, Nilofer Varzgani, Seyed Mojtaba Sajadi, and Ahmad Kamali.

An emergency medical services system design using mathematical modeling and simulation-based optimization approaches.

Decision Analytics Journal, 3:100059, 2022.

 Yujiro Kawasaki, Shigeki Hagihara, and Jun'ichi Miki.

Sequential ambulance dispatch models for optimizing emergency medical services.

JSIAM Letters, 14:100–103, 2022.

 Yoichi Shirakawa, Soichi Maekawa, Takashi Nishiyama, Hiroyasu Oka, Kensuke Umakoshi, Satoshi Kikuchi, and Saori Otsubo.

Use of fire-fighting helicopters to perform worthwhile medical missions.

Nihon Kyukyu Igakukai Zasshi, 15(8):288–296, 2004.



貞樹 猪口.

ドクターへリの課題に関する研究.

第 8 回救急・災害医療提供体制等の在り方に関する検討会資料, 9 2018.