



## مسیریابی از میان موانع جابجاشونده

شکرانه خشخاشی مقدم<sup>۱</sup> و الپس مسیحی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس؛ sh.k.moghaddam@gmail.com

<sup>۲</sup>استادیار مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس؛ masehian@modares.ac.ir

### چکیده

مسئله برنامه‌ریزی حرکت با موانع جابجا شونده، (NAMO) Navigation Among Movable Obstacles، عبارت است از یافتن مسیرهایی بدون تصادم برای روبات؛ این در حالی است که روبات، می‌تواند برای یافتن یک مسیر، برخی موانع را جابجا کند. NAMO یک مسئله NP-complete است و در زمره مسائل از مسیریابی حرکت روبات قرار می‌گیرد که دارای محیط‌های متغیر هستند. در این حوزه یک برنامه‌ی بهینه برای روبات می‌تواند با توجه به فاکتورهای مختلفی هم چون طول مسیره‌های انتقال و جابجایی، تعداد اجسام جابجا شونده، تعداد دفعات جابجایی اجسام و زمان تعیین شود. در این مقاله با استفاده از مفاهیمی هم چون گراف دید نگار، (Visibility Graph, VG) و عمق نفوذ، (Penetration Depth, PD)، الگوریتم بازگشتی ارائه شده قادر است مسائل مختلف NAMO را در زمان معقولی حل کند. همچنین به‌کارگیری الگوریتم پیشنهادی برای حل برخی مسائل موجود در ادبیات، موجب کاهش چشم‌گیر تعداد اجسام جابجا شده و تعداد دفعات جابجایی اجسام جابجا شونده شده است.

### کلمات کلیدی

مسیریابی حرکت روبات، موانع جابجا شونده، گراف دید نگار، عمق نفوذ، جمع مینکوفسکی

## Navigation among Movable Obstacles

Shokraneh K. Moghaddam and Ellips Masehian

Department of Industrial Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, 14115-1243, Iran

### ABSTRACT

The problem of navigation among movable obstacles (NAMO) is to find a collision free path for a robot while the robot is able to manipulate and transfer some objects (if possible or needed) to clear its path toward the goal. NAMO is a NP-complete problem and is in a class of motion planning problems that have dynamic environments. In this domain, an optimal plan for the robot can be defined with respect to many different criteria such as length of the transit and transfer paths, number of manipulated obstacles, total number of displacements of all the objects and time. In this article, we have tried to design an algorithm capable of solving a wide variety of NAMO problems, using concepts like, visibility graph and penetration depth. Using the recursive function to solve some existing problems in the literature shows significant reduction in number of transferred movable obstacles as well as total number of displacements of all the objects.

### KEYWORDS

Robot Navigation, Movable obstacles, Visibility graph, Penetration depth, Minkowski Sum.

<sup>۱</sup> نویسنده مسئول: دکتر الپس مسیحی، تهران، بزرگراه جلال آل احمد، دانشگاه تربیت مدرس، بخش مهندسی صنایع. تلفن: ۸۲۸۸۴۹۳۹.