

PERANCANGAN ROBOT LOCALIZATION MENGGUNAKAN METODE DEAD RECKONING

Andi Adriansyah

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana
Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta Barat, 11650, Indonesia
Email: andi@mercubuana.ac.id

Abstrak -- Robot adalah sebuah system yang menarik, fungsinya banyak serta menghibur. Oleh karena itu, penyelidikan di bidang teknologi robot menjadi topik yang memiliki daya tarik yang cukup tinggi bagi para peneliti. Terdapat salah satu problem untuk merancang sebuah robot bergerak, yaitu mengetahui posisinya pada suatu waktu tertentu. Problem ini disebut dengan sistem lokalisasi robot (*robot localization*). *Dead Reckoning* adalah salah satu dari teknik lokalisasi yang termasuk dalam kategori *relative localization*. Teknik *Dead Reckoning* banyak digunakan sebagai penelitian fundamental robot bergerak. Teknik ini memanfaatkan hasil data dari sensor bergerak untuk memperkirakan perubahan posisi robot dari waktu ke waktu sepanjang perjalanan robot bergerak. Data dari sensor dihasilkan dari sebuah encoder yang mengukur kecepatan angular dari roda-roda robot. Kemudian, dengan memanfaatkan hukum gaya-gaya, momen inersia dari konstruksi robot serta hasil matematis dari integrasi pergerakan robot didapatkan posisi dan orientasi robot. Tulisan ini menawarkan proses perancangan sebuah robot bergerak dengan penentuan lokasi berasaskan teknik tersebut. Berdasarkan hasil pengujian, dapat dikatakan bahwa robot hasil rancangan dapat bergerak dengan pergerakan yang sesuai dengan program yang dikehendaki, baik pergerakan lurus maupun pergerakan berbelok. Namun, terjadi penyimpangan posisi baik pada sumbu X maupun pada sumbu Y. Hal ini dikarenakan slip pada masing-masing roda yang menyebabkan akumulasi penyimpangan posisi secara keseluruhan.

Kata Kunci: Robot, Pemosisian Robot, Dead Reckoning

Abstract -- Robot is an interesting system, many functions as well as entertaining. Therefore, investigations in the field of robotic technology has become a topic of fascination is high enough for researchers. A problem to design a mobile robot is known as robot position at any given time. This problem is called the localization system of the robot (*robot localization*). *Dead Reckoning* is one of the localization techniques that are included in the category of *relative localization*. *Dead Reckoning* technique is widely used as a fundamental research robot moves. This technique utilizes the results of data from mobile sensors to estimate the position of the robot changes from time to time throughout the course of the robot moves. Data from the sensor is generated from an encoder that measures the angular velocity of the wheels of the robot. Then, by utilizing the forces of law, the moment of inertia of the robot and the construction of a mathematical result of the integration movement of the robot are obtained position and orientation of the robot. This paper proposed a designing process of mobile robot with determining the location of based on the technique. Based on experiment results, it can be said that the robot can move in accordance with the desired program, both the straight and turn movement. However, there are irregularities position on the X axis and the Y axis as well. This is happened because the slip at each wheel which causes the accumulation of deviations position overall.

Keywords: Robot, Robot Localization, and Dead Reckoning

1. PENDAHULUAN

Robot adalah sebuah system yang menarik, fungsinya banyak serta menghibur. Oleh karena itu, penyelidikan di bidang teknologi robot menjadi topik yang memiliki daya tarik yang cukup tinggi bagi para peneliti (Nehmzow, 2001). Robot memiliki berbagai macam konstruksi. Salah satu konstruksi robot yang banyak diminati adalah robot bergerak

atau *mobile robot*, karena aplikasi robot bergerak dapat dilakukan di berbagai bidang kehidupan.

Untuk merancang sebuah robot bergerak, ada beberapa problem yang harus diatasi. Salah satunya adalah problem merancang kemampuan robot bergerak untuk mengetahui posisinya pada suatu waktu tertentu. Problem ini disebut dengan sistem

lokalisasi robot (*robot localization*). Terdapat beragam teknik untuk melakukan proses lokalisasi robot. Secara umum teknik-teknik tersebut dikategorikan dalam tiga pendekatan, yaitu: *relative* atau *local localization*, *absolut* atau *global localization* dan *probabilistic localization* (Gonzalez etc., 2009).

Dead Reckoning adalah salah satu dari teknik lokalisasi yang termasuk dalam kategori *relative localization*. Teknik *Dead Reckoning* banyak digunakan sebagai penelitian fundamental robot bergerak. Teknik ini memanfaatkan hasil data dari sensor bergerak untuk memperkirakan perubahan posisi robot dari waktu ke waktu sepanjang perjalanan robot bergerak. Data dari sensor dihasilkan dari sebuah encoder yang mengukur kecepatan angular dari roda-roda robot. Kemudian, dengan memanfaatkan hukum gaya-gaya, momen inersia dari konstruksi robot serta hasil matematis dari integrasi pergerakan robot didapatkan posisi dan orientasi robot (Cooney, Xu and Bright, G, 2004).

Tulisan ini berupaya untuk merancang sebuah robot bergerak. Analisa lokalisasi robot dilakukan berdasarkan pendekatan teknik dead reckoning di atas. Diharapkan dengan pendekatan tersebut dapat pergerakan arah dan orientasi sebuah robot dapat dikendalikan dengan baik.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Robot Bergerak (Mobile Robot)

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dulu atau memanfaatkan prinsip kecerdasan buatan. Robot biasanya digunakan untuk tugas yang berat, berbahaya, pekerjaan yang berulang dan kotor. Kebanyakan robot digunakan dalam bidang produksi, seperti: pembersihan limbah beracun, penjelajahan bawah air dan luar angkasa, pertambangan, pekerjaan *search and rescue*, dan untuk pencarian lahan tambang. Belakangan ini robot mulai memasuki pasaran konsumen di bidang hiburan, dan alat pembantu rumah tangga, seperti penyedot debu serta pemotong rumput.

Robot memiliki berbagai macam konstruksi, diantaranya adalah: *Robot mobile* (robot bergerak), *Robot manipulator*, Robot humanoid, *Flying robot*, Robot berkaki, Robot jaringan, Robot animalia, dan Robot cyborg. Masing-masing jenis tersebut memiliki konstruksi dan mekanisme pergerakan yang berbeda-beda serta aplikasi yang beragam juga.

Salah satu konstruksi robot yang banyak diminati adalah robot bergerak atau *mobile robot*. Robot bergerak adalah konstruksi robot yang ciri khasnya adalah mempunyai aktuator berupa roda untuk menggerakkan keseluruhan badan robot tersebut, sehingga robot tersebut dapat melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik yang lain. Robot bergerak ini sangat disukai bagi orang yang mulai mempelajari robot. Hal ini karena aplikasi robot bergerak dapat dilakukan di berbagai bidang kehidupan.

Dalam penelitian robot bergerak, terdapat beberapa strategi yang harus diperhatikan, antara lain adalah: sensor yang akurat, pergerakan yang presisi, persepsi terhadap keadaan sekitar, pengukuran yang mengandung ketidakpastian, system pengendalian, system interaksi dan perencanaan pergerakan robot. Kemampuan menerapkan strategi yang tepat menghasilkan robot bergerak yang handal dalam melakukan fungsi sesuai perancangan.

Untuk merancang sebuah robot bergerak, ada beberapa problem yang harus diatasi. Problem tersebut adalah system lokalisasi, pemetaan, navigasi, perencanaan, pengendalian serta arsitektur robot. Masing-masing problem tersebut di atas menjadi area tersendiri yang menjadi bahasan para peneliti di bidang robotika (Nehmzow, 2001).

2.2. Sistem Lokalisasi Robot (Robot Localization)

Ketika sebuah robot bergerak maka terjadi perubahan posisi dari posisi awal ke posisi berikutnya setiap satuan waktu tertentu. Hal ini terjadi terus menerus, sehingga robot bergerak tersebut berhenti bergerak. Dalam aplikasinya, sebuah robot tidak hanya dituntut untuk bergerak saja, tapi juga bergerak dengan arah tertentu menuju posisi tertentu. Kemampuan robot bergerak untuk mengetahui posisinya pada suatu waktu tertentu disebut dengan sistem lokalisasi robot (*robot localization*). Dengan teknik lokalisasi ini, maka robot bergerak dapat mengetahui posisi atau keberadaannya dalam suatu lingkungan tempat dimana robot tersebut harus menyelesaikan misi atau mencapai tujuan yang dibebankan kepadanya. Metode lokalisasi yang dituntut tidak hanya untuk mengenali posisi robot pada setiap waktu beserta posisi tujuan akhirnya tetapi juga posisi awal robot otonom memulai pekerjaannya. Penggunaan objek untuk *search and rescue* memberikan alasan yang lebih nyata, agar robot harus kembali ke posisi awalnya nanti, selain juga untuk memberikan fitur lain pada robot otonom.

Pada kenyataannya, dalam beberapa waktu terakhir ini, masalah system lokalisasi telah menyita banyak perhatian banyak peneliti dalam berbagai riset di teknologi bidang robotika. Hal ini disebabkan karena masalah lokalisasi seringkali menjadi suatu masalah rumit karena keterbatasan yang dimiliki sensor robot dalam mendapatkan informasi dari lingkungannya. Pada suatu lingkungan kerja yang sama sekalipun, pada waktu dan kondisi yang berbeda, suatu robot otonom dapat memperoleh informasi yang berbeda, sebagai akibat adanya *noise* pada komponen sensor robot tersebut. Lebih jauh lagi, pada saat bergerak robot otonom juga dapat mengalami *error* sebagai akibat dari *noise* pada komponen motor. Kedua hal ini pada akhirnya menyebabkan kedudukan robot otonom tidak dapat diperhitungkan secara benar. Padahal pada tahap selanjutnya kognisi dan kontrol gerak, perbedaan posisi robot dalam perhitungan dan posisi robot yang sebenarnya dapat memberikan bias pada proses pencapaian posisi tujuan. Hal ini pada akhirnya dapat menghalangi robot untuk menemukan hasil akhir yang diharapkan. Hal inilah yang kemudian menjadi alasan pentingnya lokalisasi untuk dapat ditangani dengan baik pada pengembangan robot otonom bergerak.

2.3. Teknik Lokalisasi Robot

Terdapat beragam teknik untuk melakukan proses lokalisasi robot. Secara umum teknik-teknik tersebut dikategorikan dalam tiga pendekatan, yaitu: *relative* atau *local localization*, *absolut* atau *global localization* dan *probabilistic localization* (Gonzalez etc., 2009).

Relative localization adalah teknik lokalisasi penentuan posisi robot serta orientasinya yang didasari oleh proses incremental dari posisi awal. Teknik ini amat bergantung kepada waktu dan posisi awalnya. Teknik ini menggunakan beberapa jenis sensor, seperti: encoder, gyroscope, accelerometer, ultrasonic, system penglihatan dan lain-lain.

Sedangkan *global localization* adalah penentuan posisi robot berdasarkan pendekatan terhadap bingkai global tertentu. Beberapa bingkai global yang biasa digunakan adalah *beacons* dan *landmarks*. Karena berdasarkan bingkai global tertentu, teknik ini tidak bergantung pada waktu dan posisi awalnya. Beberapa sensor yang biasa digunakan pada pengimplementasian teknik ini adalah *Global Positioning System (GPS)* (Low, 2009), Laser dan Landmark Systems (Shimsoni, 2002).

Terakhir, *probabilistic localization* adalah

estimasi posisi robot yang mengkombinasikan data pengukuran dengan pengetahuan awal robot dimana kesalahannya diminimalisir secara statistik. Salah satu teknik terkenal yang termaksud dalam kategori ini adalah *Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)* (Durrant-Whyte and Bailey, 2006).

2.4. Dead Reckoning

Dead Reckoning adalah salah satu dari teknik lokalisasi yang termasuk dalam kategori *relative localization*. Teknik *Dead Reckoning* banyak digunakan sebagai penelitian fundamental robot bergerak. Teknik ini memanfaatkan hasil data dari sensor bergerak untuk memperkirakan perubahan posisi robot dari waktu ke waktu sepanjang perjalanan robot bergerak. Data dari sensor dihasilkan dari sebuah encoder yang mengukur kecepatan angular dari roda-roda robot. Kemudian, dengan memanfaatkan hukum gaya-gaya, momen inersia dari konstruksi robot serta hasil matematis dari integrasi pergerakan robot didapatkan posisi dan orientasi robot (Cooney, Xu and Bright, G, 2004).

2.5. Simulasi Robot dan Percobaan dengan Robot Sebenarnya

Sebagai langkah awal, beberapa peneliti bekerja untuk membangun model matematika pergerakan robot dan lingkungannya. Kemudian mereka menganalisa performa robot dan interaksinya tersebut melalui simulasi komputer dari model yang telah ada (Mondada and Floreano, 1996). Simulasi komputer robot dapat digunakan sebagai pendekatan awal sebuah perancangan robot sebenarnya dan dapat dimanfaatkan sebagai sebuah gambaran bagi proses pengumpulan dan penganalisaan data pergerakan robot.

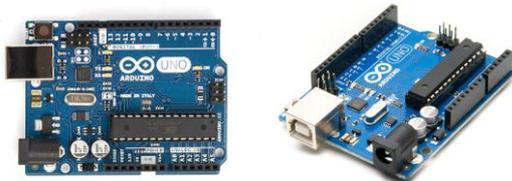
Akan tetapi, verifikasi performa robot yang efektif hanya dapat dicapai dengan menggunakan robot yang sebenarnya. Adalah sebuah keniscayaan untuk merealisasikan percobaan teknologi pengembangan robot dengan robot yang sebenarnya. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan robot sebenarnya yaitu yaitu dengan merancang sebuah robot bergerak sederhana.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebuah robot sederhana telah dirancang untuk menguji pergerakan, pembacaan posisi dan kecepatannya. Robot yang dirancang terdiri dari beberapa modul, yaitu: modul pengendali, modul penggerak dan modul pemindai.

Modul pengendali menggunakan

mikroprosesor berbasis Arduino dengan mikrokontroler IC ATmega 328. Modul ini memiliki beberapa input/output digital dan input analog, dapat menyimpan program di dalamnya serta memiliki kemampuan untuk mengambil data, mengolahnya dan menghasilkan keluaran sesuai dengan algoritma pengendalian yang dikehendaki. Gambar 1 memperlihatkan modul pengendali Arduino yang digunakan.



Gambar 1. Modul Mikrokontroler berbasis Arduino

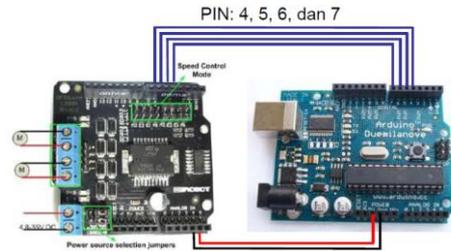
Modul berikutnya adalah modul penggerak. Modul ini terdiri dari rangkaian penggerak (*driver motor*) dan motor DC. Rangkaian penggerak terdiri dari IC L293D yang dapat menggerakkan dua buah motor DC sekaligus. Pengendalian yang dapat dilakukan oleh rangkaian penggerak ini adalah pengendalian arah putaran motor dan pengendalian kecepatan motor. Kombinasi arah dan kecepatan motor menjadi dasar yang penting dalam rangka mengendalikan pergerakan dan kecepatan robot. Rangkaian penggerak dan motor DC diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Modul Rangkaian Penggerak IC L293D, Roda dan Motor DC

Modul rangkaian penggerak telah dirancang khusus untuk sesuai dengan modul pengendali Arduino. Sehingga, untuk mengkoneksikan kedua modul tersebut tidak diperlukan pensolderan, namun cukup dilakukan penumpukan. Karena, telah dirancang sedemikian rupa sehingga pengkalian (*pin out*) dari kedua modul tersebut untuk dapat

langsung diaplikasikan. Koneksi kedua modul tersebut ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Koneksi Modul Arduino dengan Modul Rangkaian Penggerak

Dalam rangka memberikan kemampuan pengenalan terhadap lingkungannya, robot memerlukan modul pemindai (sensor). Dalam perancangan ini, pemindai yang digunakan adalah pemindai posisi, dengan berasaskan kepada prinsip *Dead Reckoning*. Prinsip ini menggunakan pasangan optical encoder dan piringan berlubang untuk dapat melakukan perhitungan kecepatan tiap-tiap motor DC pada robot. Gambar 3 memperlihatkan komponen optical encoder dan piringan berlubang.

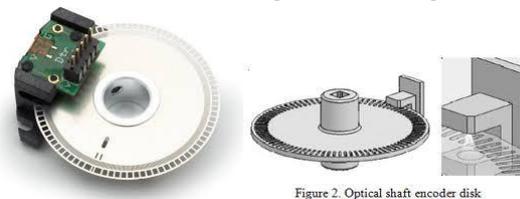
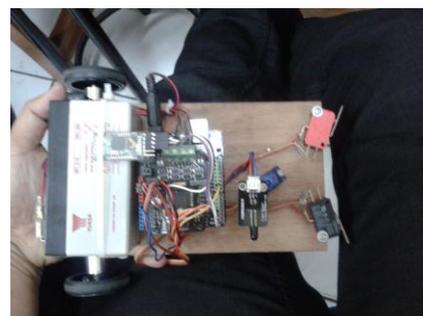


Figure 2. Optical shaft encoder disk

Gambar 4. Komponen Optical Encoder

Secara keseluruhan, modul-modul tersebut dirangkai menjadi sebuah robot bergerak sederhana sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.

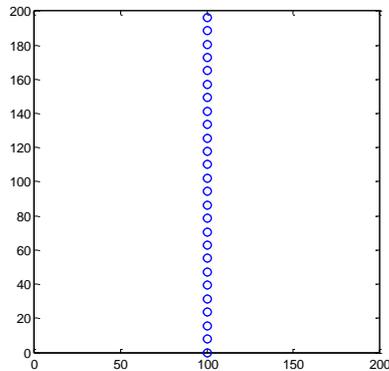


Gambar 5. Robot Hasil Rancangan

Beberapa pengujian dilakukan untuk mengetahui performansi metoda *dead reckoning* dalam menentukan lokasi robot pada waktu tertentu.

Pengujian pertama adalah performansi penentuan lokasi robot dengan gerakan lurus. Pada pengujian ini robot ditempatkan pada titik

(100,0) pada koordinat kartesius (X,Y) dengan kecepatan roda kiri sama dengan kecepatan roda kanan sehingga terjadi pergerakan lurus. Pergerakan ideal hasil simulasi diperlihatkan pada Gambar 6. Sedangkan lokasi robot real akhir diperlihatkan pada Tabel 1.



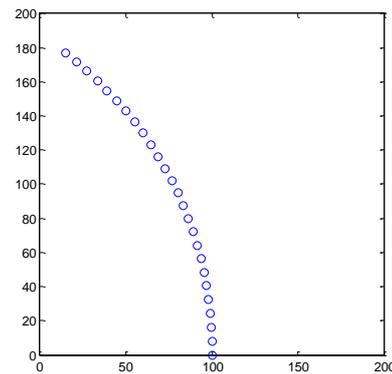
Gambar 6. Pergerakan Robot Lurus

Tabel 1. Lokasi Robot Pergerakan Lurus

Percobaan	Ideal		Real	
	X (xm)	Y (cm)	X (xm)	Y (cm)
1	100	200	100	195
2	100	200	100	196
3	100	200	100	194
4	100	200	100	192
5	100	200	100	190
6	100	200	100	194
7	100	200	100	195
8	100	200	100	192
9	100	200	100	190
10	100	200	100	192

Berdasarkan Tabel 1, diketahui terjadi rata-rata penyimpangan mutlak pada sumbu X sebesar 0 cm dan rata-rata penyimpangan mutlak pada sumbu Y sebesar 2.30 cm. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa robot dapat bergerak secara lurus sesuai yang dikehendaki, namun terjadi kesalahan posisi. Kesalahan posisi ini terjadi secara akumulatif setiap perputaran roda robot. Sehingga pada akhir pergerakan terjadi kesalahan posisi total yang terlihat.

Pengujian kedua adalah pergerakan robot berbelok ke kiri dengan kemiringan tertentu. Pada pengujian ini robot ditempatkan pada titik (100,0) pada koordinat kartesius (X,Y) dengan kecepatan roda kiri lebih rendah dibanding dengan kecepatan roda kanan sehingga terjadi pergerakan berbelok ke kiri. Posisi akhir robot pada titik (0,180). Pergerakan ideal hasil simulasi diperlihatkan pada Gambar 7. Sedangkan lokasi robot real akhir diperlihatkan pada Tabel 2.



Gambar 7. Pergerakan Robot Berbelok Ke Kiri

Tabel 2. Lokasi Robot Pergerakan Berbelok ke Kiri

Percobaan	Ideal		Real	
	X (xm)	Y (cm)	X (xm)	Y (cm)
1	0	180	5	175
2	0	180	5	172
3	0	180	4	176
4	0	180	5	170
5	0	180	4	175
6	0	180	8	178
7	0	180	5	175
8	0	180	8	176
9	0	180	4	174
10	0	180	5	172

Berdasarkan Tabel 2, diketahui terjadi rata-rata penyimpangan mutlak pada sumbu X sebesar 1.75 cm dan rata-rata penyimpangan mutlak pada sumbu Y sebesar 1.95 cm. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa secara umum robot bergerak berbelok ke arah kiri, namun terjadi kesalahan posisi. Kesalahan posisi ini terjadi secara akumulatif setiap perputaran roda robot, baik pada roda kanan maupun pada roda kiri. Sehingga pada akhir pergerakan terjadi kesalahan posisi total yang tampak.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang sebuah robot bergerak sederhana dengan 2 (dua) roda dan pergerakan berdasarkan prinsip *differential drive*, mengandalkan komposisi perbedaan kecepatan kedua roda. Prinsip penentuan lokasi dengan metoda *dead reckoning* telah dilakukan. Berdasarkan pengujian dapat dikatakan bahwa robot dapat bergerak dengan pergerakan yang sesuai dengan program yang dikehendaki, baik pergerakan lurus maupun pergerakan berbelok. Namun, terjadi penyimpangan posisi baik pada sumbu X maupun pada sumbu Y. Hal ini

dikarenakan slip pada masing-masing roda yang menyebabkan akumulasi penyimpangan posisi secara keseluruhan. Diperlukan metoda lain untuk dapat mereduksi kesalahan posisi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Cooney, J. A., Xu. W.L., and Bright, G., *Visual Dead-reckoning for Motion Control of a Mecanum-wheeled Mobile Robot*, Mechatronics, Vol. 14, June 2004, pp. 623-637.
- Durrant-Whyte, H., and Bailey, T., *Simultaneous Localisation and Mapping (SLAM)*, IEEE Robotics and Automation Magazine, Vol.13, 2006, pp. 99-110.
- Gonzales, R., etc., *Comparative Study of Localization Techniques for Mobile Robot based on Indirect Kalman Filter*, International Symposium on Robotics (ISR 2009), Switzerland, 2009, pp. 253-258.
- Gregory Dudek, Michael Jenkin, *Computational Principles of Mobile Robotics*, Cambridge University Press, 2000.
- Low, C. B. *GPS-Based Tracking Control for a*

- Car-Like Wheeled Mobile Robot with Skidding and Slipping*, IEEE Trans. On Mechatronics, Vol. 13, 2009, pp. 480-484.
- Martinelli, A., *The odometry error of a mobile robot with a synchronous drive system*, IEEE Trans. Robotot and Automation, Vol. 3, Jun 2002, pp. 399-405.
- Mondada, F., Franzi, E., and lenne, P. (1996). Mobile robot miniaturization: A tool for investigation in control algorithms. In Yoshikawa, T. and Miyazaki, F. (Eds.) *Proceeding of the Third International Symposium on Experimental Robotics*. Kyoto, Japan: Springer Verlag, pp. 501-513.
- Nehmzow, U. (2001). *Mobile Robotics: Research, Applications and Challenges*, Proceeding of Future Trends in Robotics, Institution of Mechanical Engineer, London, UK. 2001.
- Shimshoni, I., *On Mobile Robot Localization from Landmark Bearings*, IEEE Trans. On Robotics and Automation, Vol. 18, 2002, pp. 971-976.