

Universitatea Tehnica a Moldovei

Facultatea Calculatoare, Informatica si Microelectronica

Departamentul Informatica si Ingineria Sistemelor

Disciplina:

Roboti Mobili si Microroboti

Tema 4. Modele si metode de percepere a mediului de activitate pentru RMM

Titular de curs:

Conf.univ.,dr. V. Ababii

Asistent:

I.asistent, N. Roşca

Subiecte abordate:

- * Metode de percepere a mediului de activitate.
- * Modele senzoriale pentru perceperea mediului de activitate.

Sistemul senzorial al Robotilor Mobili

Senzorii sunt dispozitive care pot măsura diferite proprietăți ale mediului precum: temperatura, distanța, rezistența fizică, greutatea, mărimea etc. În funcție de informațiile primite de la senzori robotul mobil se orientează în mediul de lucru.

În cel mai general caz, senzorii pot fi împărțiți în două categorii, și anume:

* Senzori de stare internă - senzori care oferă informații despre starea internă a robotului mobil, spre exemplu nivelul bateriei sau poziția roților.

* Senzori de stare externă - senzori care oferă informații despre mediul ambiant în care robotul funcționează. Senzorii de stare externă se mai pot împărți la rândul lor în două categorii: senzori cu contact, mai precis acei senzori care culeg informația din mediu prin atingere (senzor tactil), respectiv senzori fără contact, care preiau informația din mediu de la distanță (cameră video, senzor ultrasonic, senzor infraroșu).

Senzorul poate fi: **activ** sau **pasiv**. **Senzorii activi** sunt acei senzori care emit energie în mediu pentru a putea observa anumite caracteristici ale acestuia, spre deosebire de **senzorii pasivi** care primesc energie din mediu pentru a putea prelua informația.

De asemenea, toate tipurile de senzori sunt caracterizate printr-o serie de proprietăți, cele mai importante fiind:

- Sensibilitatea: raportul dintre semnalul de ieșire și semnalul de intrare;
- Liniaritatea: exprimă dacă raportul dintre intrare și ieșire este constant;
- Intervalul de măsurare: diferența între distanța minimă și maximă măsurabilă;
- Timpul de răspuns: timpul necesar pentru ca informația de la intrare să fie observabilă la ieșire;
- Acuratețea: diferența între semnalul măsurat și semnalul real;
- Repetabilitatea: diferențele între măsurători succesive ale aceleiași entități;
- Rezoluția: exprimă cea mai mică unitate de incrementare a semnalului măsurat;
- Prețul sensorului;
- Puterea de calcul necesară pentru a interpreta rezultatele;
- Tipul de semnal la ieșire;
- Greutatea, mărimea și cantitatea de energie consumată pentru a face o măsurătoare.

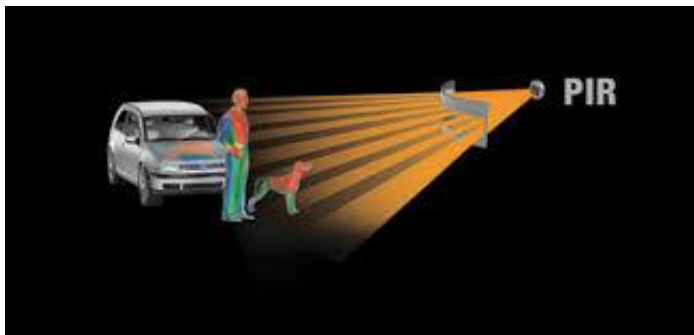
Sistemul senzorial al Robotilor Mobili

În lumea **roboților mobili** se întâlnesc o mare varietate de tipuri de senzori. O clasificare de bază a acestora ar putea fi:

- **Senzori de distanță** - senzori care oferă informații despre distanța între senzor și obiectul de măsurat din mediu;
- **Senzori de poziție** - senzori care oferă informații despre poziția robotului în termeni absoluți;
- **Senzori de mediu** - senzori care oferă informații despre diverse proprietăți și caracteristici ale mediului (exemplu: temperatură, culoare);
- **Senzori inerțiali** - senzori care măsoară proprietăți de mișcare ale robotului.

Senzori în infraroșu (IR).

Senzorii în infraroșu (IR) constituie categoria cea mai simplă de senzori de distanță folosită la un robot mobil. Metoda lor de funcționare este foarte simplă, fiecare senzor fiind echipat cu un emițător și un detector. Emițătorul transmite un fascicol de lumină în spectrul infraroșu (de regulă sunt folosite lungimi de undă în intervalul 880-990nm), fascicol care se propagă în mediu, iar apoi se reflectă de obiectele aflate în acesta [B6]. Fascicolul reflectat este captat de componenta detector, urmând apoi ca printr-un calcul matematic simplu, să se estimeze o distanță între senzorul în infraroșu și obiectul detectat din mediu.



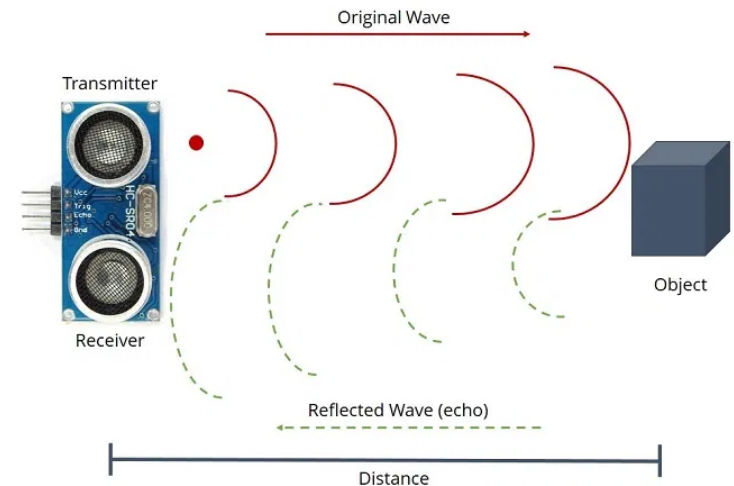
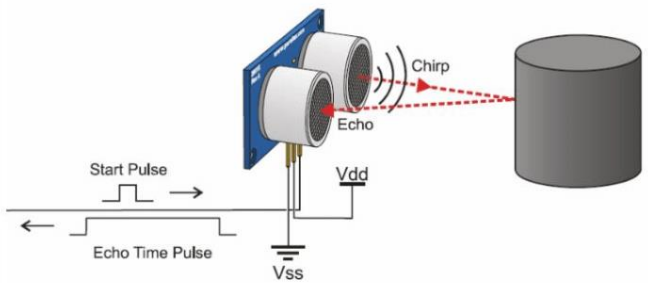
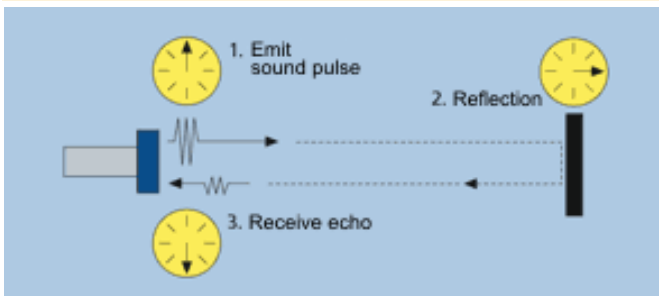
Sistemul senzorial al Robotilor Mobili

Senzori ultrasonici

Categoria de senzori cea mai des întâlnită la un robot mobil o constituie categoria senzorilor ultrasonici. Întâlniți în literatura de specialitate și sub denumirea de sonar, senzorii ultrasonici folosesc un principiu oarecum asemănător cu senzorii IR., dar în loc de a transmite fascicule luminoase, ei folosesc semnale acustice. Un emițător transmite un semnal acustic în mediu, urmând apoi ca reflecția acestuia să fie recepționată de componenta detector a sensorului. Timpul în care semnalul este receptat înapoi de senzor precum și atenuarea semnalului reprezintă aspecte exploatate de diferitele tipuri de senzori sonar.

Sunetele transmise de senzori sunt de regulă în spectrul de sunete ultrasonice, având o frecvență foarte înaltă pentru a nu putea fi detectate de urechea umană.

Sensibilitatea unui senzor ultrasonic nu este uniformă, ci consistă dintr-un lob principal și câteva loburi laterale mai mici. De asemenea, această sensibilitate diferă de la un senzor la altul.

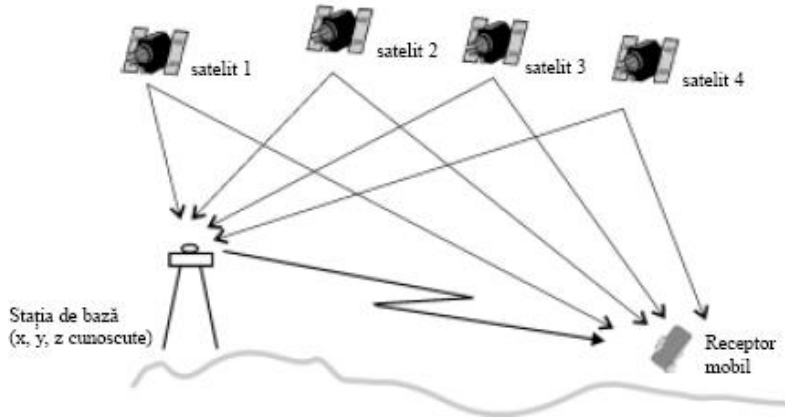


Sistemul senzorial al Robotilor Mobili

Senzori GPS.

Sistemul de poziționare globală prin satelit (Global Positioning System) a fost inițial dezvoltat de către Departamentul de Apărare al SUA începând cu anul 1973. Sistemul este alcătuit din aproximativ 21 de sateliți, și permite oricărui receptor autorizat să-și calculeze poziția și viteza cu care se deplasează. Sistemul GPS nu poate fi folosit în interiorul clădirilor, deoarece el necesită ca între receptor și satelit să existe vizibilitate directă. Momentan există mai multe implementări ale serviciului, printre care **SPS** (Standard Positioning System) disponibil pentru civili, respectiv **PPS** (Precise Positioning System), disponibil pentru armată.

SPS are o acuratețe de aproximativ 100m pe orizontală, fapt pentru care nu este folosit prea mult în lumea roboților mobili.



$$R_{a1} = \sqrt{(x_{s1} - x_r)^2 + (y_{s1} - y_r)^2 + (z_{s1} - z_r)^2}$$

$$R_{a2} = \sqrt{(x_{s1} - x_r)^2 + (y_{s1} - y_r)^2 + (z_{s1} - z_r)^2}$$

$$R_{a3} = \sqrt{(x_{s1} - x_r)^2 + (y_{s1} - y_r)^2 + (z_{s1} - z_r)^2}$$

$$R_{a4} = \sqrt{(x_{s1} - x_r)^2 + (y_{s1} - y_r)^2 + (z_{s1} - z_r)^2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} PsR_1 = \sqrt{(x_{s1} - x_r)^2 + (y_{s1} - y_r)^2 + (z_{s1} - z_r)^2} + c\Delta t_e \\ PsR_2 = \sqrt{(x_{s2} - x_r)^2 + (y_{s2} - y_r)^2 + (z_{s2} - z_r)^2} + c\Delta t_e \\ PsR_3 = \sqrt{(x_{s3} - x_r)^2 + (y_{s3} - y_r)^2 + (z_{s3} - z_r)^2} + c\Delta t_e \\ PsR_4 = \sqrt{(x_{s4} - x_r)^2 + (y_{s4} - y_r)^2 + (z_{s4} - z_r)^2} + c\Delta t_e \end{array} \right.$$

Sistemul senzorial al Robotilor Mobili

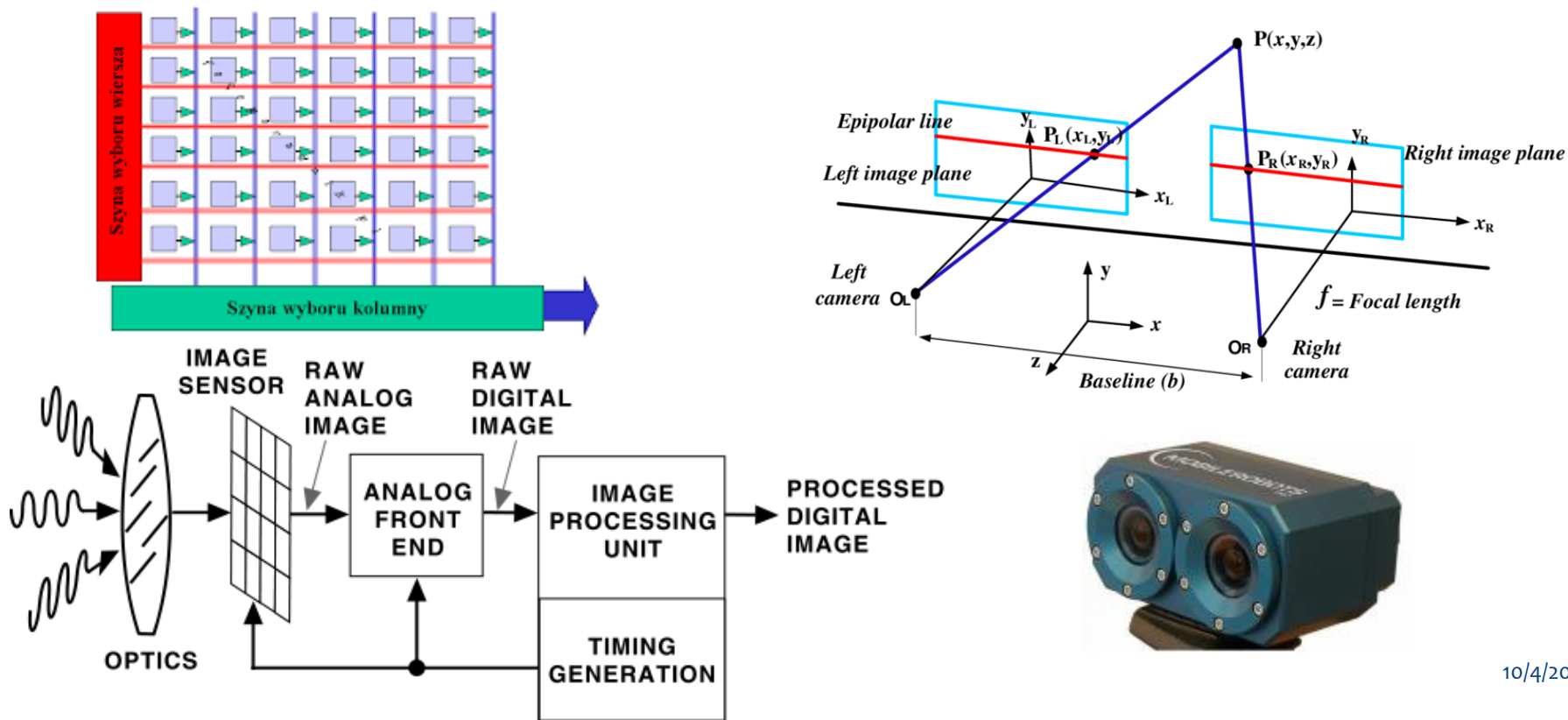
Senzori video

Senzorii vizuali sunt reprezentați de regulă în lumea roboților mobili de camere video. În momentul de față senzorii de imagine folosesc două tehnologii: CCD și CMOS.

Camerele video obțin o cantitate mare de informații din câmpul lor vizual. Procesarea acestor date poate necesita o putere de calcul ridicată, mai ales dacă se dorește obținerea unor performanțe optime din informațiile culese.

Aplicațiile senzorilor vizuali sunt extrem de variate:

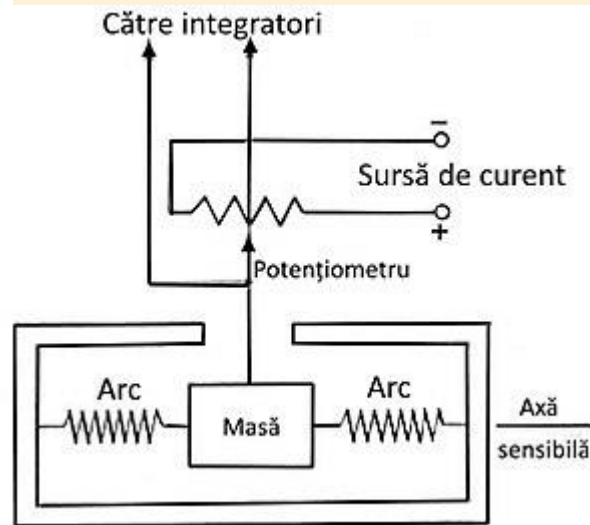
- control și inspecție: stări de suprafețe, culori, aspect, forme, contur și dimensiuni;
- verificare: prezența sau absența unui obiect;
- identificări și localizări de obiecte: în plan (2D) sau în spațiu (3D);
- urmărirea unui contur.



Sistemul senzorial al Robotilor Mobili

Accelerometrul este un senzor care măsoară accelerația, pe baza inerției corpurilor.

În majoritatea structurilor robotice mobile sunt prezenti trei acceleratori, care măsoară accelerațiile după trei direcții rectangulare (X,Y,Z). La baza funcționării sistemului de *navigație spațială* stau accelerometre foarte precise, de mare sensibilitate, care sunt gradate în multiplii ai accelerației gravitaționale terestre.



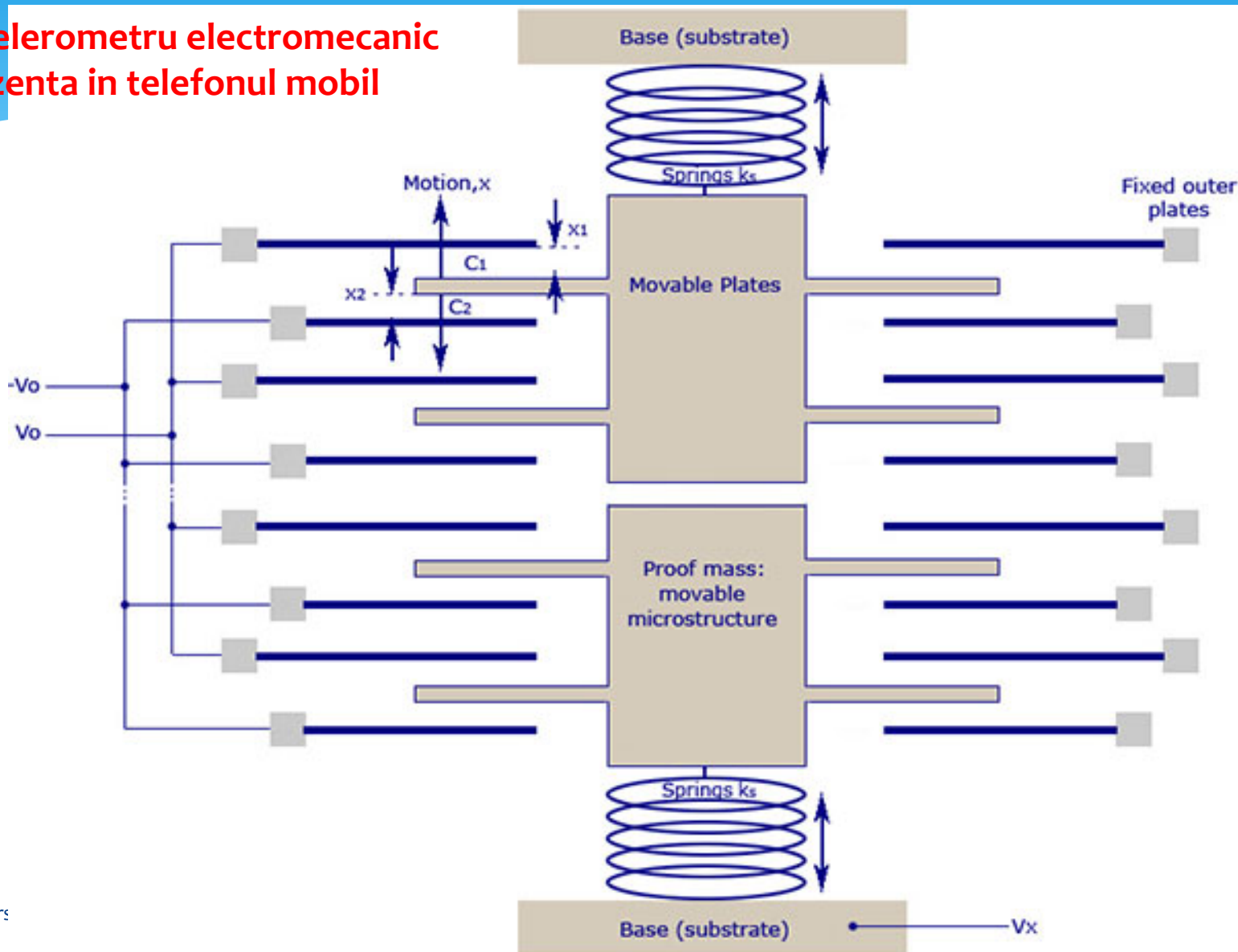
- Accelerometre capacitive MEMS,
- Accelerometre piezorezistive,
- Accelerometrele piezoelectrice.



Accelerometru si Giroscop semiconductor.
Accelerometru + Giroscop MPU 6050.
Output I2C, matrice de rotatie, unghiurile Euler.
Tensiunea de alimentare : 2.3 - 3.4V.
Tri-Axis Gyro . Sensibilitate 131 LSBs/dps . Scala ± 250 , ± 500 , ± 1000 , and ± 2000 dps.
Tri-Axis accelerometru . Scala of $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ and $\pm 16g$.
Engine Digital Motion Processing (DMP) pentru detectarea gesturilor.
Autocalibrare

Sistemul senzorial al Robotilor Mobili

Accelerometru electromecanic
prezenta in telefonul mobil



Metode de navigare a RM

Metodele de navigație a roboților autonomi sunt din cele mai diverse, dată fiind gama largă de utilizare a roboților și aplicațiile acestora. Mediul înconjurător robotului are o importanță crucială pentru funcționarea și orientarea acestuia, și de aceea toate abordările acestei probleme pornesc de la mediu. După acest considerent, se pot evidenția trei principii de navigație:

1. Navigația globală – raportare directă prin coordonate absolute la harta mediului înconjurător;
2. Navigația locală – prin determinarea poziției relativ față de obiecte imediat apropiate de robot, staționare sau în mișcare;
3. Navigația individuală – aflarea poziției robotului cu ajutorul unor dispozitive dedicate monitorizării deplasărilor făcute de acesta.

Navigația globală

Acest tip de navigație se aplică la roboții ce au de parcurs distanțe mari, în spații deschise, fără repere imediate și la distanțe foarte mari față de puncte de referință. Acest tip de roboți este utilizat cu precădere de industria militară, cum ar fi avioanele de recunoaștere fără pilot uman de tip UAV, dar și alte echipamente de pilot automat întâlnite în aeronautică, pe vapoare sau chiar în dotarea automobilelor de ultimă generație. În majoritatea cazurilor, navigația automată a acestora se face cu ajutorul tehnologiei GPS.

Navigația locală

În cazul navigației locale, se folosesc metode de detecție vizuală a mediului cu ajutorul a diferiți senzori, cum ar fi senzorii vizuali, infraroșu, laser, sau ultrasonici. În cadrul navigării locale este vizată o modelare și o interpretare a mediului de către robot, fără ca informațiile despre mediu să îi fie furnizate în prealabil. Această interpretare duce la diferite tipuri de reprezentări ale mediului înconjurător, făcute după modele în funcție de aplicație. Astfel mediul poate fi interpretat mai ușor prin stabilirea unor puncte de reper (în literatura de specialitate sunt denumite landmarks) de către robot prin recunoașterea unor anumite obiecte sau caracteristici ale mediului. Aceste repere pot fi stabilite artificial, în puncte cheie, acestea fiind realizate astfel încât să poată fi detectate cât mai ușor. Pe baza interpretării mediului, robotul poate realiza hărți bidimensionale sau tridimensionale pentru o orientare mai bună și prin recunoașterea anumitor părți din mediu, procesul de navigație poate fi optimizat. Cei mai utilizați senzori în acest caz sunt senzorii vizuali CCD sau CMOS.

Metode de navigare a RM

Navigația individuală

Navigația individuală, este utilizată în combinație cu metodele de navigație globală și locală, prin calcularea poziției robotului relativ la mediu prin măsurări directe asupra vitezei și traiectoriei parcurse de către robot. Această metodă, numită și odometrie, oferă o corecție mai bună a erorilor de deplasare și totodată este relativ simplu de implementat, soluția regăsindu-se la roboții ieftini sau cu aplicații simple. Pentru că majoritatea roboților mobili utilizează roți sau șenile, această soluție a devenit practic omniprezentă la aproape toți roboții mobili. Dintre soluțiile de implementare se pot aminti: odometre cu perii, magnetice, inductive, capacitive, optice. Alte metode utilizează senzori Doppler sau unde active de tip laser, sonice, radio pentru orientare sau măsurarea vitezei. Sensorii Doppler funcționează pe baza efectului cu același nume, ce privește modificarea frecvenței undei radiate funcție de viteza și direcția emițătorului. Pentru roboții mobili, cele mai utilizate sunt laserele și ultrasunetele, dar dezavantajul lor constă în faptul că aplicabilitatea robotului rămâne restrânsă la incinta ce găzduiește aceste repere.

Sistemul de navigație al roboților mobili este împărțit în trei module principale:

- Cercetarea și detecția;
- Planificarea traseului (drumului);
- Controlul mișcării.

Cercetarea și detecția

O parte importantă a sistemului robot mobil o reprezintă cercetarea (cartografia) și detecția cât mai exactă în vederea construirii unei hărți a mediului înconjurător (spațiului de lucru).

Metoda de localizare și construcție a hărții simultan este folosită pentru navigația roboților mobili în spații mari, folosindu-se mai multe tipuri de senzori, cum ar fi senzorii acustici sau ultrasonici, senzori de tip laser sau senzori vizuali. De asemenea mai sunt folosite puncte topografice artificiale cum ar fi reflectori tip cod de bară, balize ultrasonice etc. Metodele de detecție cele mai des întâlnite sunt: metoda Kalman, metoda Markov și metoda Monte Carlo.

Metode de navigare a RM

Planificarea traseului (drumului)

Problema planificării mișcării unui robot mobil este aceea a găsirii unei mișcări pentru un robot care trebuie să se deplaseze de la o configurație dată, la o destinație stabilită, într-un mediu care conține o mulțime de obstacole prestabilite, astfel încât robotul să nu intre în coliziune de nici unul din acestea. Într-o problemă concretă, obstacolele nu sunt întotdeauna statice, iar robotul nu poate fi modelat ca un singur obiect rigid, precum în cazul problemei de bază a planificării. Este evident că un robot care se mișcă printre obstacolele mobile este capabil de performanțe mult mai mari și de o serie de sarcini mult mai complexe. Această teorie are în vedere planificarea mișcării în medii de timp variabil unde atât obstacolele, cât și destinația, sunt în mișcare.

Abilitatea ocolirii obstacolelor în mișcare este indispensabilă pentru orice robot real. Se consideră, spre exemplu, un robot tip mașină ce se deplasează de-a lungul unui drum stabilit. Sistemul senzorial al robotului poate dintr-o dată să depisteze un obiect mișcător care îi taie drumul. În cazul acesta ar trebui să fie capabil să producă și să execute o mișcare pentru a evita cu siguranță obiectul, astfel încât, prin frânare să lase obiectul să treacă pe lângă, sau prin accelerare să-l ocolească.

Optimizarea unei probleme de planificare, în contextul amintit, presupune un consum foarte mic de energie, dar, în același timp, trebuie să se acorde atenție și studiului vitezelor și accelerațiilor robotului mobil. Astfel problema planificării mișcării printre obiecte mobile este în mai multe feluri diferită și mai complexă decât problema planificării mișcării cu obstacole staționare.

Metode de navigare a RM

Controlul mișcării

Unități centrale de procesare

Sarcinile pe care un robot mobil trebuie să le îndeplinească pot să fie de la foarte simple la extrem de complexe. Totul depinde de scopul final al robotului mobil construit. În funcție de tipul de sarcini atribuite unui robot mobil, procesarea și descompunerea sarcinilor în acțiuni simple pe care robotul le poate executa necesită prezența unei unități centrale de procesare.

Sisteme de comunicare

Roboții mobili trebuie să aibă capacitatea de comunicare fie cu alți roboți din mediu fie cu un operator uman, pentru a raporta dacă o anumită sarcină dată a fost îndeplinită cu succes, sau nu. Sistemele de comunicare aferente roboților mobili pot fi de 2 categorii: cu fir respectiv fără fir.

Comunicația cu fir este modalitatea cea mai simplă de transfer de date între robot și operator. O serie de probleme asociate transmisiei fără fir, dispar în cazul comunicației de date cu fir, cu prețul îngrijirii mobilității robotului. Avantajul principal al sistemelor de comunicare cu fir este acela că, pe lângă datele transmise între robot și operatorul uman, se mai poate transmite și curent electric, eliminând astfel necesitatea unei baterii onboard pe robot și măbind autonomia robotului.

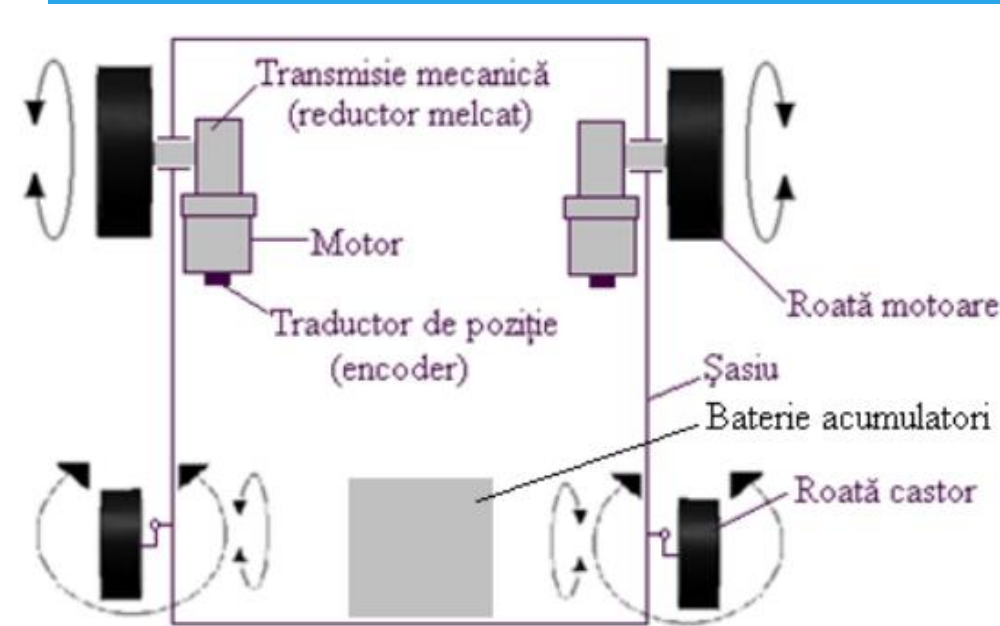
Un dezavantaj direct al folosirii unui sistem de comunicare cu fir, ar fi faptul că spațiul de lucru al robotului va fi limitat de lungimea maximă admisibilă a cablului. De asemenea, cablul ar putea interfera cu sistemul de locomoție sau chiar cu senzorii, aceștia putând raporta valori eronate.

Sistemele de comunicare fără fir se folosesc de o serie de tehnologii de transmitere a datelor prin aer dintre care amintim: transmisia prin unde în spectrul infraroșu, bluetooth, radio modem-uri, WiFi și altele.

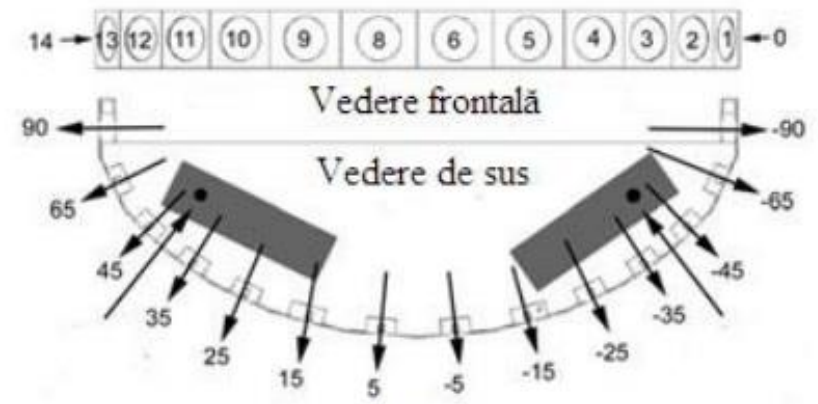
Tehnologiile WiFi sunt deja răspândite în domeniul calculatoarelor personale, și oferă un suport complet de integrare al roboților în rețele de calculatoare. O problemă a acestor tehnologii ar fi faptul că sunt consumatoare de energie, lucru care nu este prielnic robotului mobil.

Eliminând problema energiei consumate, tehnologiile Bluetooth oferă servicii similare cu dispozitivele WiFi, însă distanța maximă admisibilă între emițător-receptor este mult mai mică decât în cazurile celorlalte tehnologii. În momentul de față, tehnologiile Bluetooth se folosesc în interiorul clădirilor, în laborator, unde distanța maximă fără repetor este de maxim 20m.

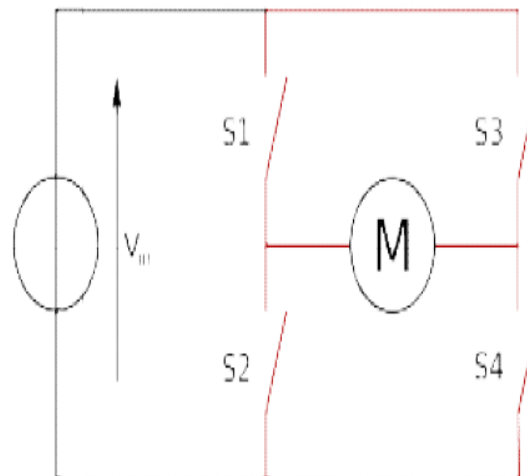
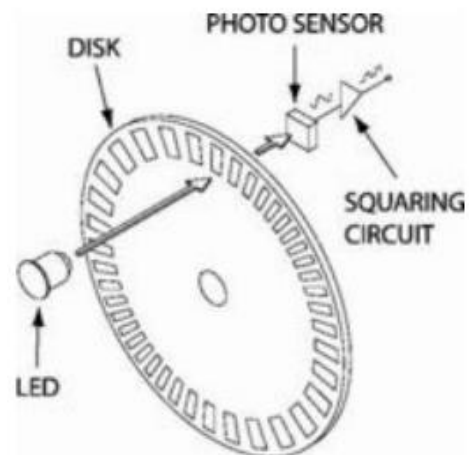
Sisteme de Percepere a mediului de navigare Robotului Mobil



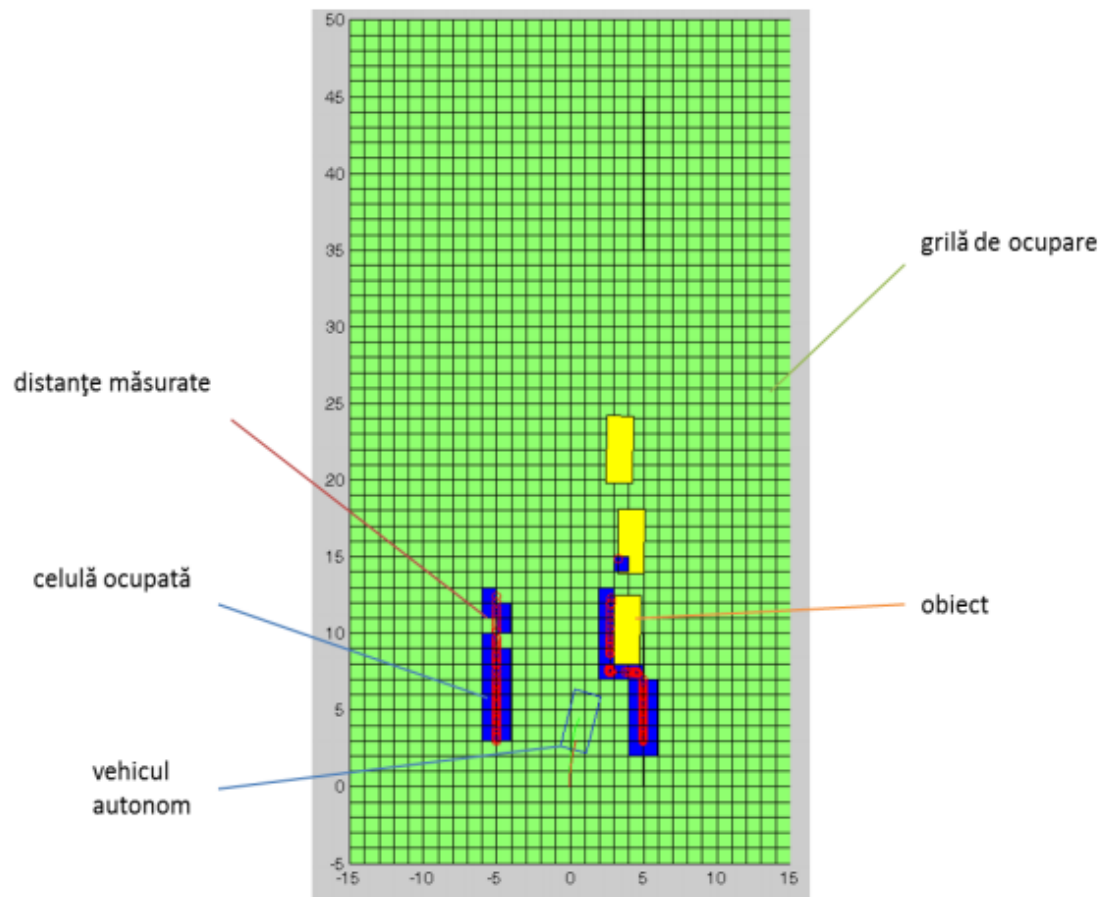
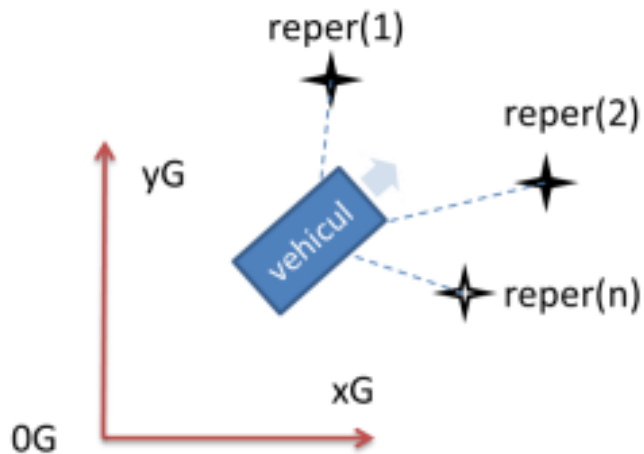
a



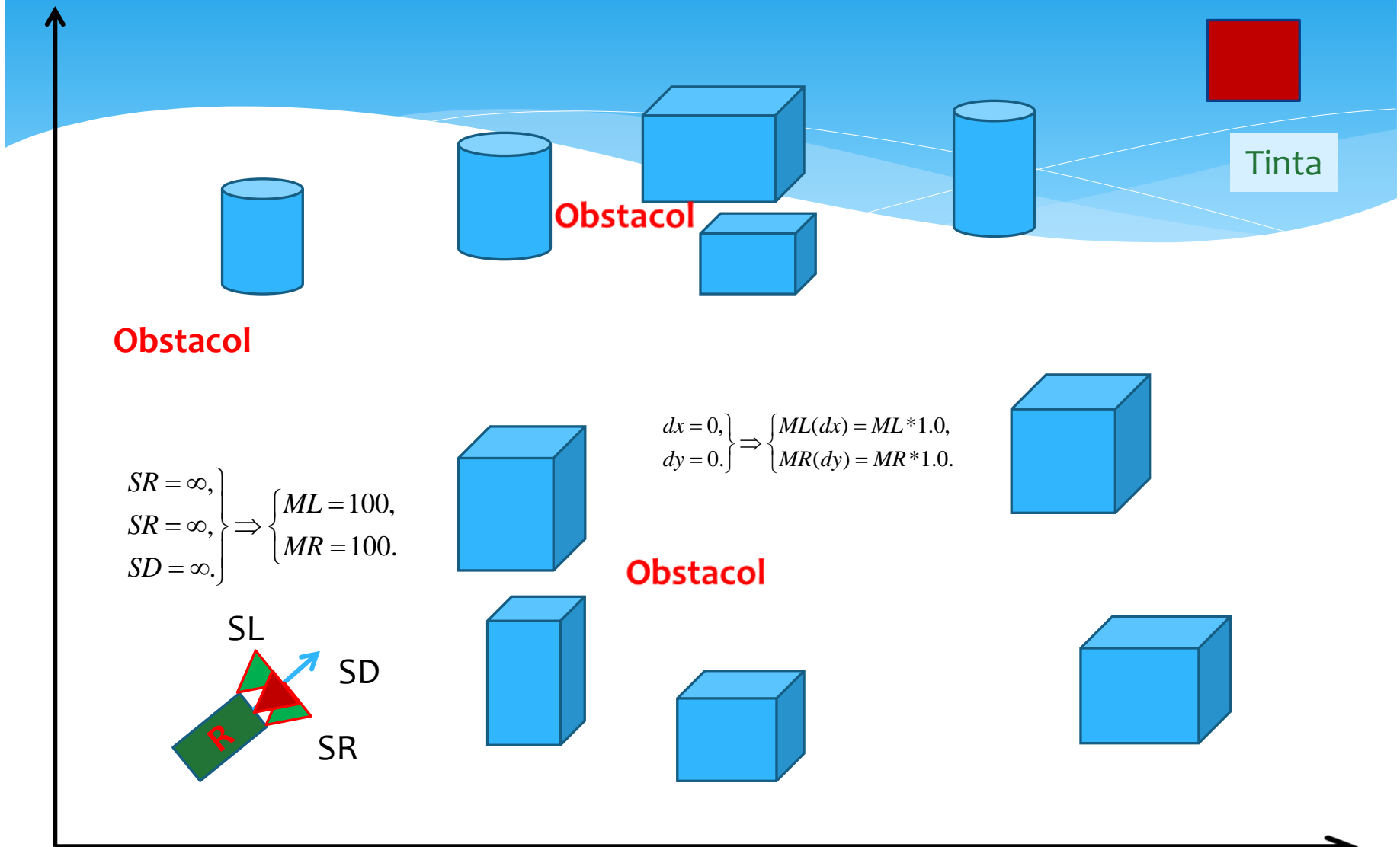
b



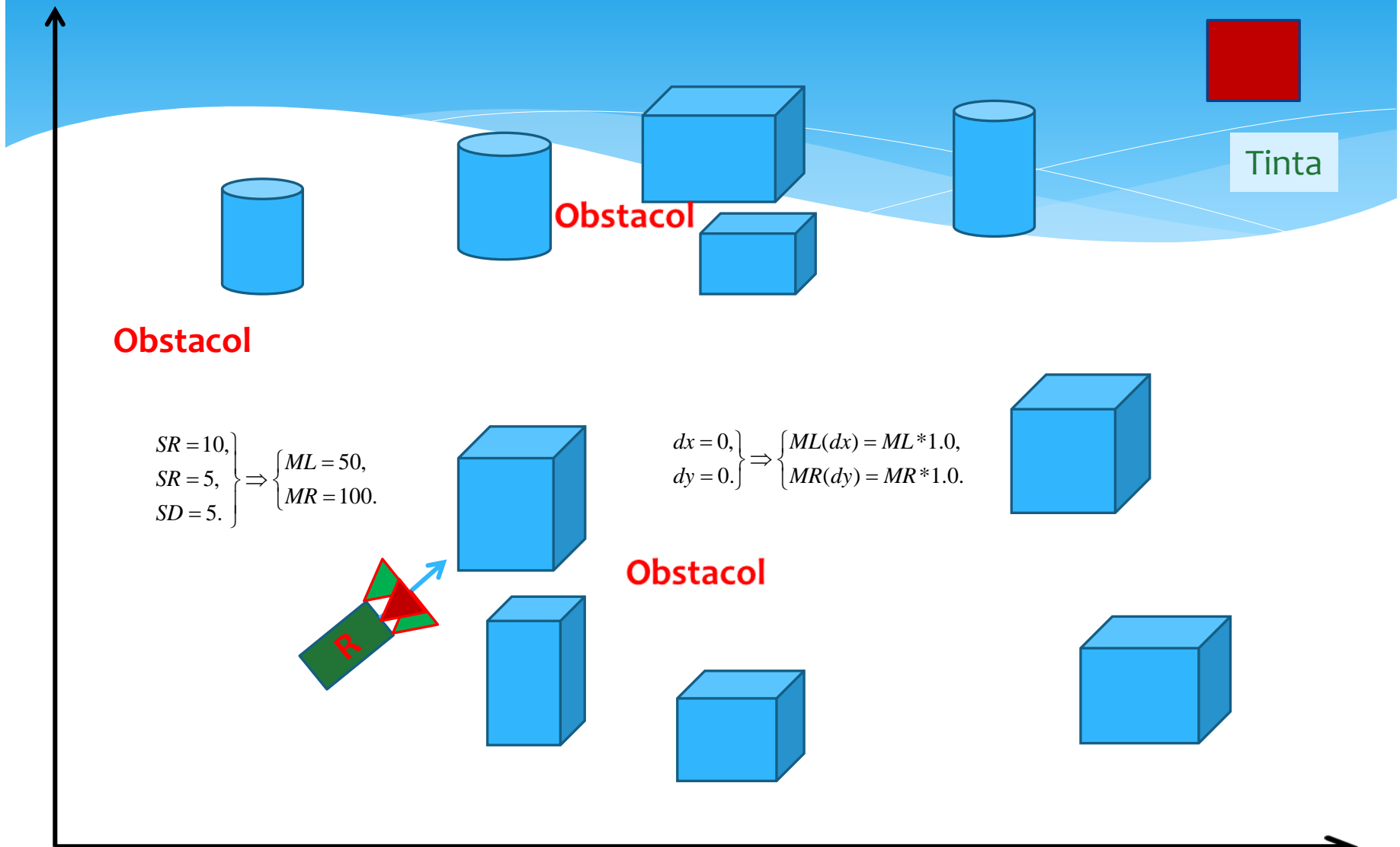
Localizarea in spatiu a RM



Exemplu de percepere a mediului de activitate pentru RM



Exemplu de percepere a mediului de activitate pentru RM



Obstacol

Obstacol

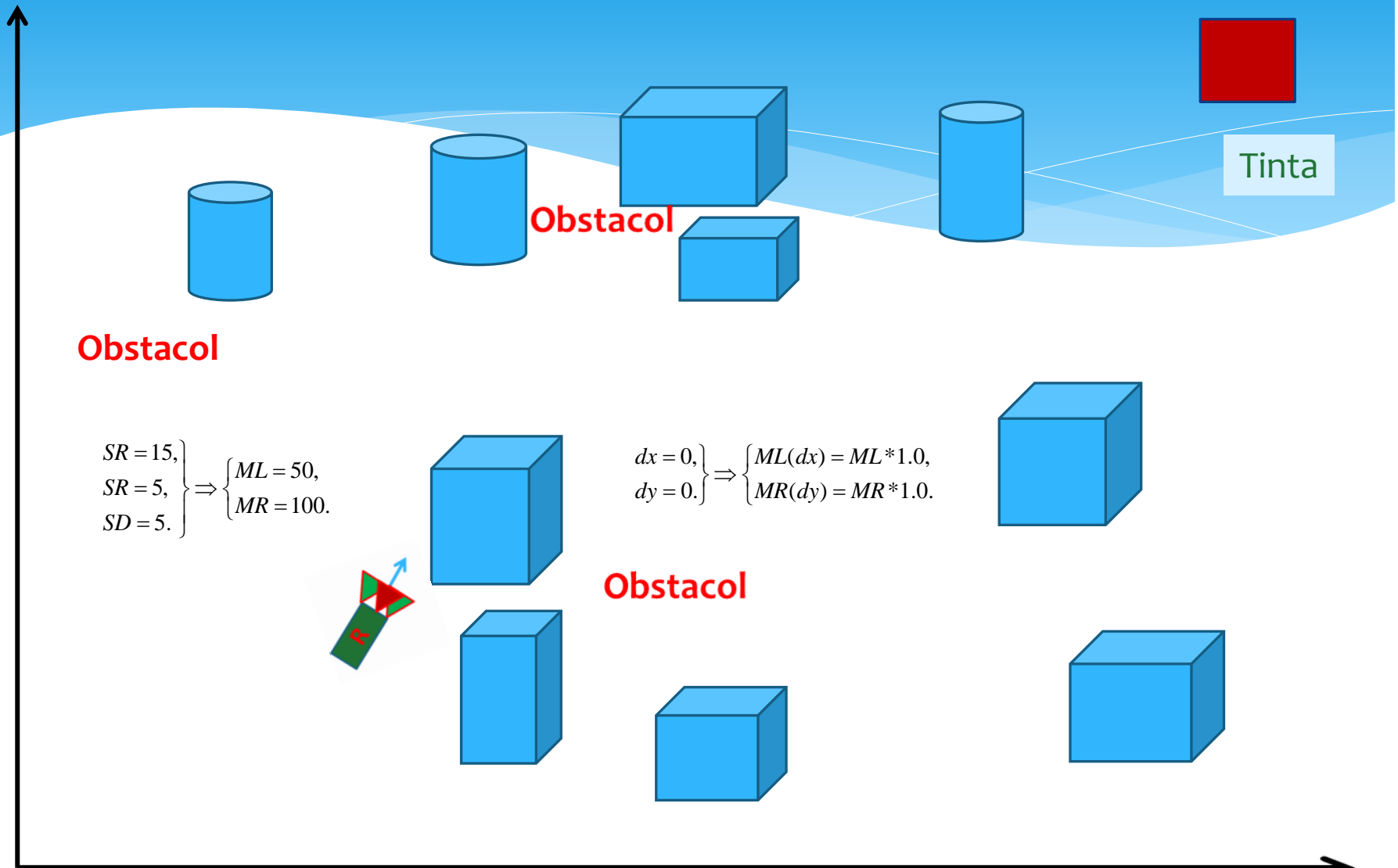
Tinta

$$\left. \begin{matrix} SR = 10, \\ SR = 5, \\ SD = 5. \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ML = 50, \\ MR = 100. \end{cases}$$

$$\left. \begin{matrix} dx = 0, \\ dy = 0. \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ML(dx) = ML * 1.0, \\ MR(dy) = MR * 1.0. \end{cases}$$

Obstacol

Exemplu de percepere a mediului de activitate pentru RM



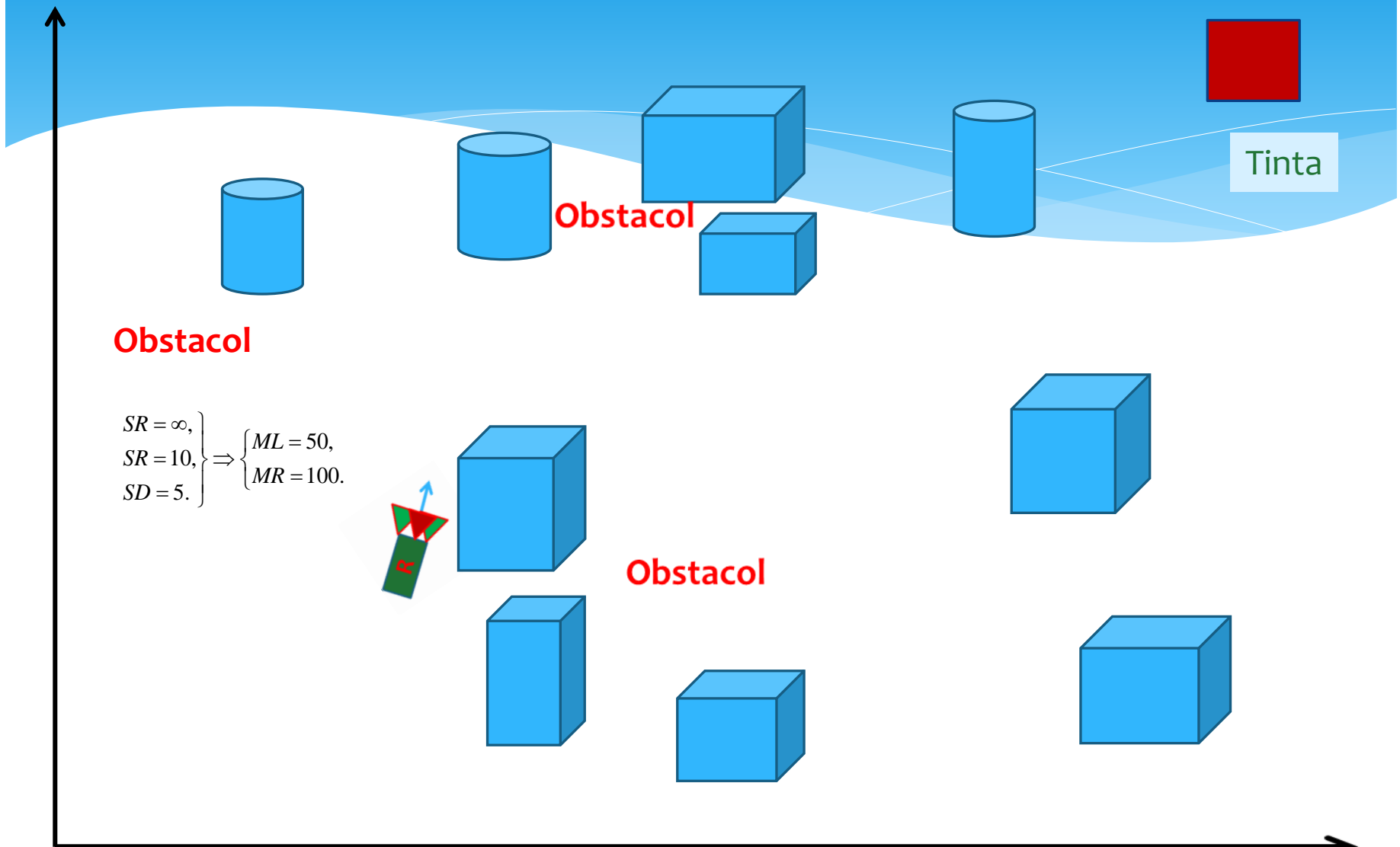
Obstacol

$$\left. \begin{array}{l} SR = 15, \\ SR = 5, \\ SD = 5. \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} ML = 50, \\ MR = 100. \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} dx = 0, \\ dy = 0. \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} ML(dx) = ML * 1.0, \\ MR(dy) = MR * 1.0. \end{array} \right.$$

Obstacol

Exemplu de percepere a mediului de activitate pentru RM

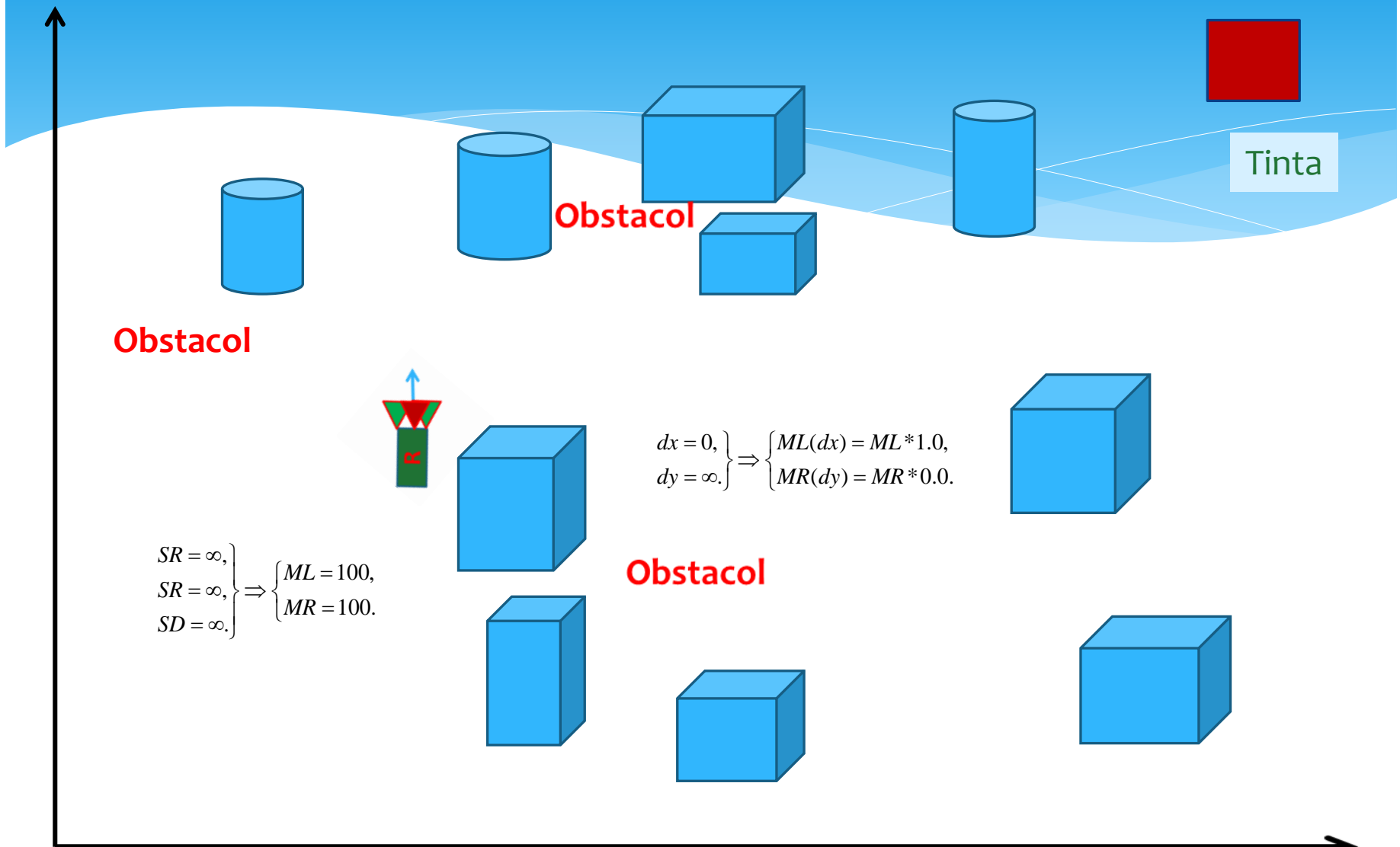


Obstacol

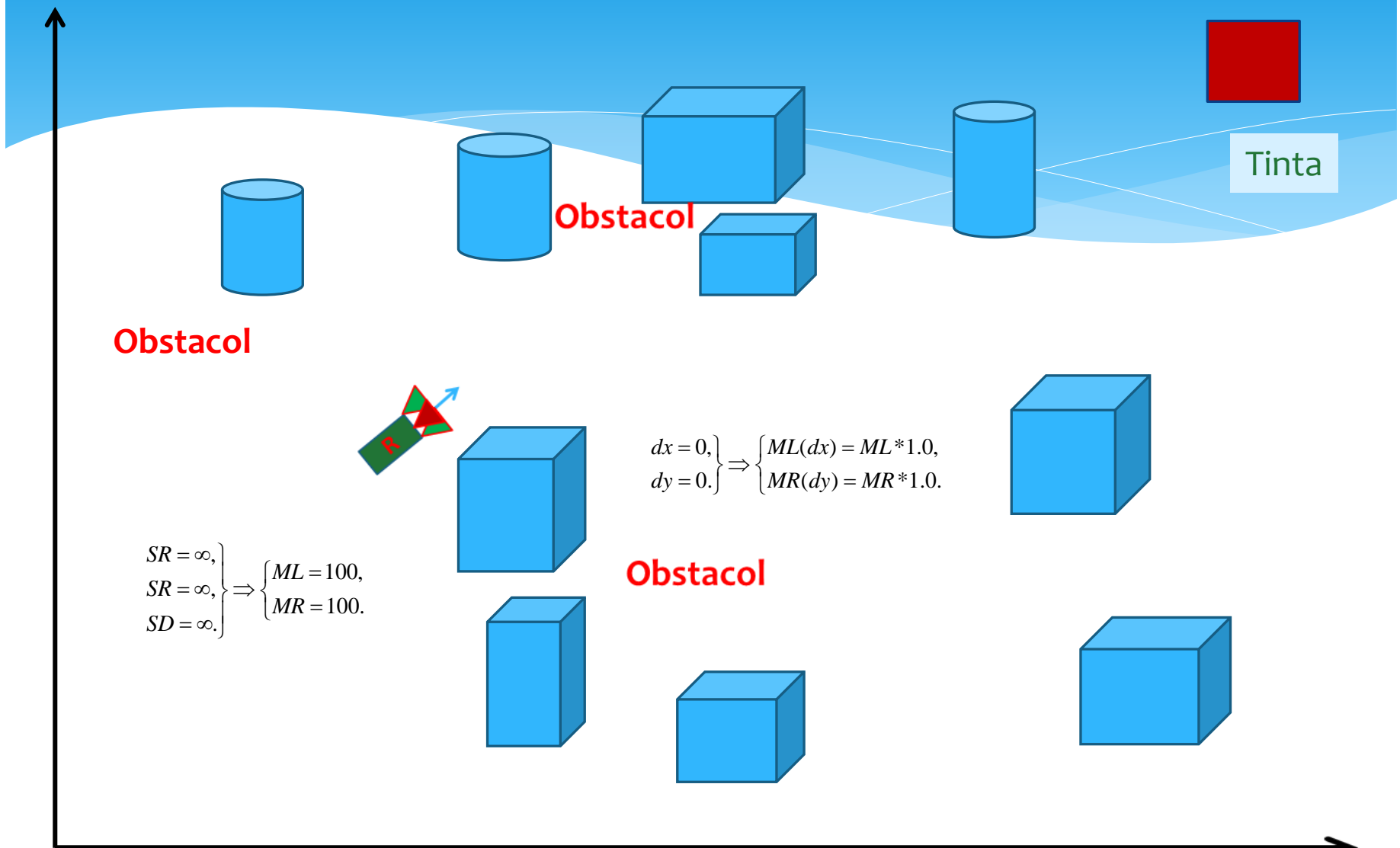
$$\left. \begin{array}{l} SR = \infty, \\ SR = 10, \\ SD = 5. \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} ML = 50, \\ MR = 100. \end{array} \right.$$

Obstacol

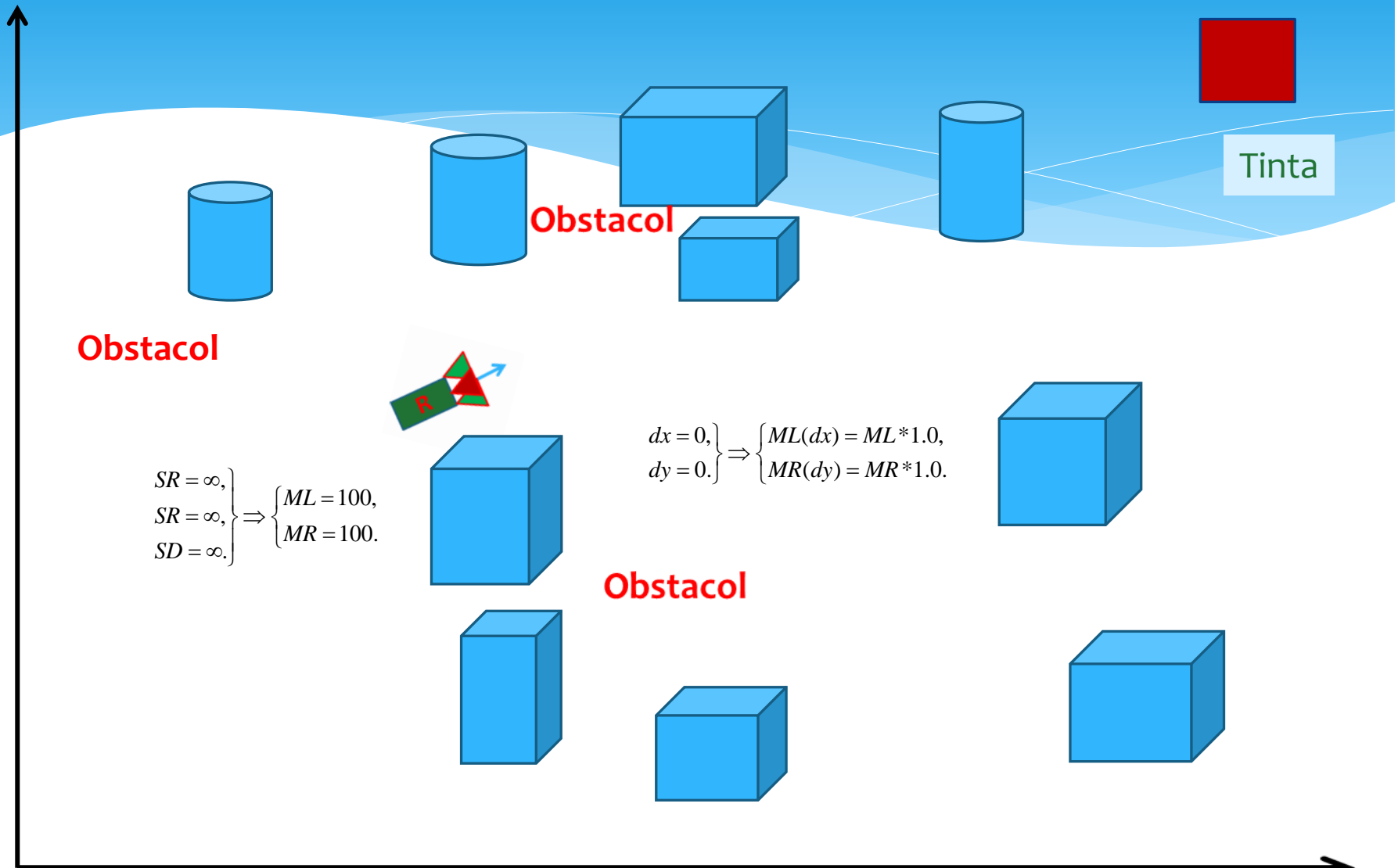
Exemplu de percepere a mediului de activitate pentru RM



Exemplu de percepere a mediului de activitate pentru RM



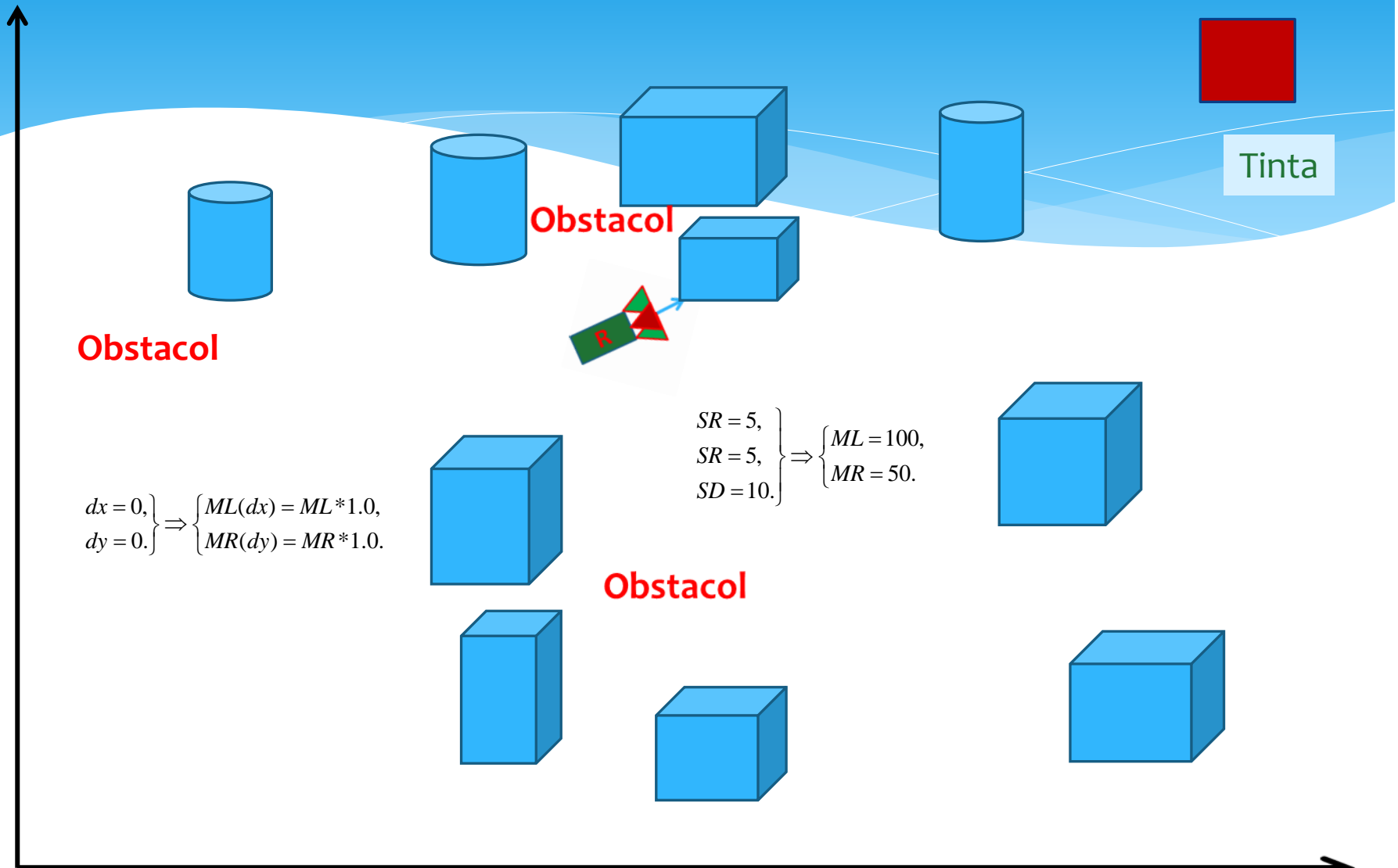
Exemplu de percepere a mediului de activitate pentru RM



$$\left. \begin{matrix} SR = \infty, \\ SR = \infty, \\ SD = \infty. \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ML = 100, \\ MR = 100. \end{cases}$$

$$\left. \begin{matrix} dx = 0, \\ dy = 0. \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ML(dx) = ML * 1.0, \\ MR(dy) = MR * 1.0. \end{cases}$$

Exemplu de percepere a mediului de activitate pentru RM



Obstacol

Obstacol

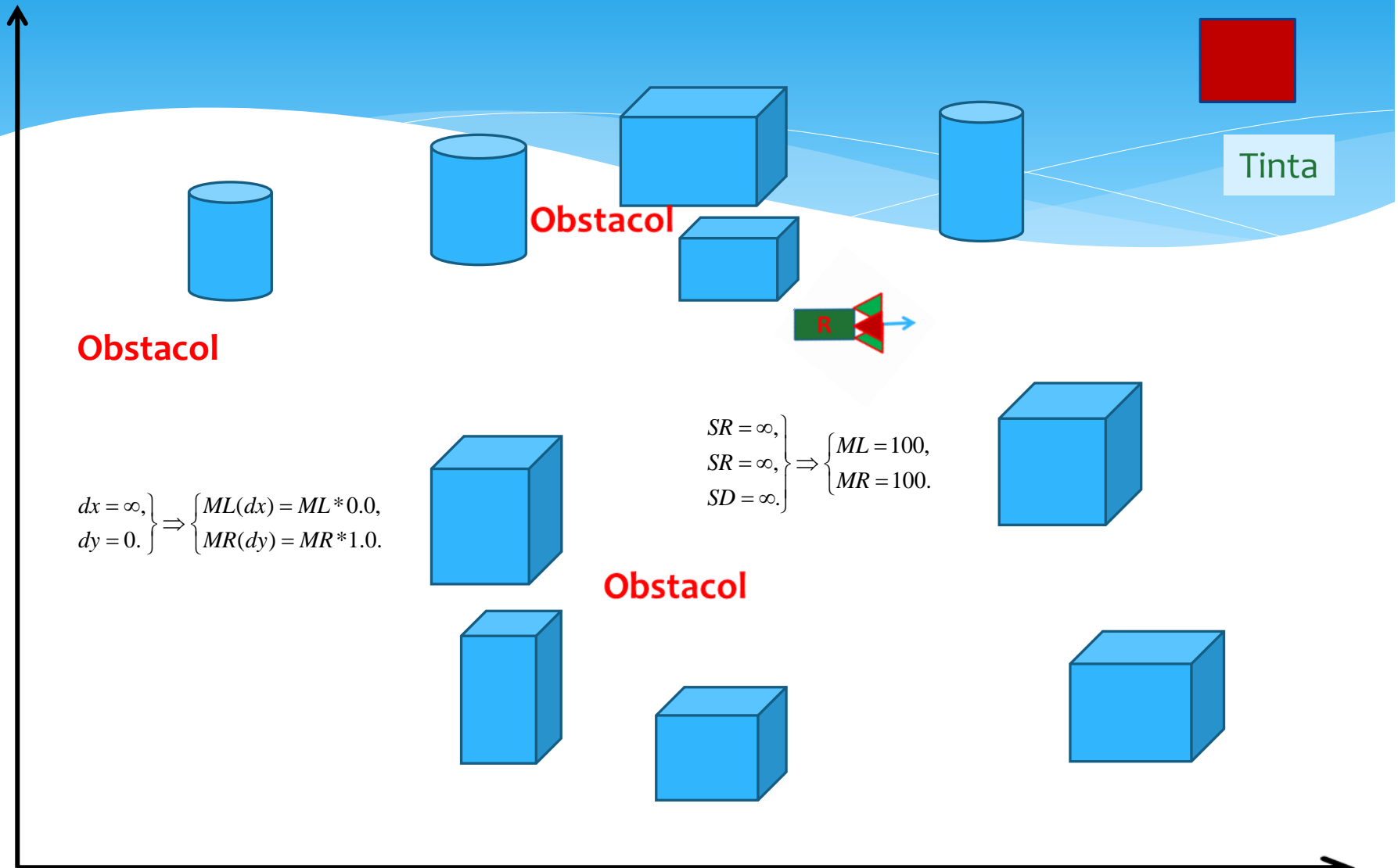
Tinta

$$\left. \begin{matrix} dx = 0, \\ dy = 0. \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ML(dx) = ML * 1.0, \\ MR(dy) = MR * 1.0. \end{cases}$$

$$\left. \begin{matrix} SR = 5, \\ SR = 5, \\ SD = 10. \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ML = 100, \\ MR = 50. \end{cases}$$

Obstacol

Exemplu de percepere a mediului de activitate pentru RM



Obstacol

Obstacol

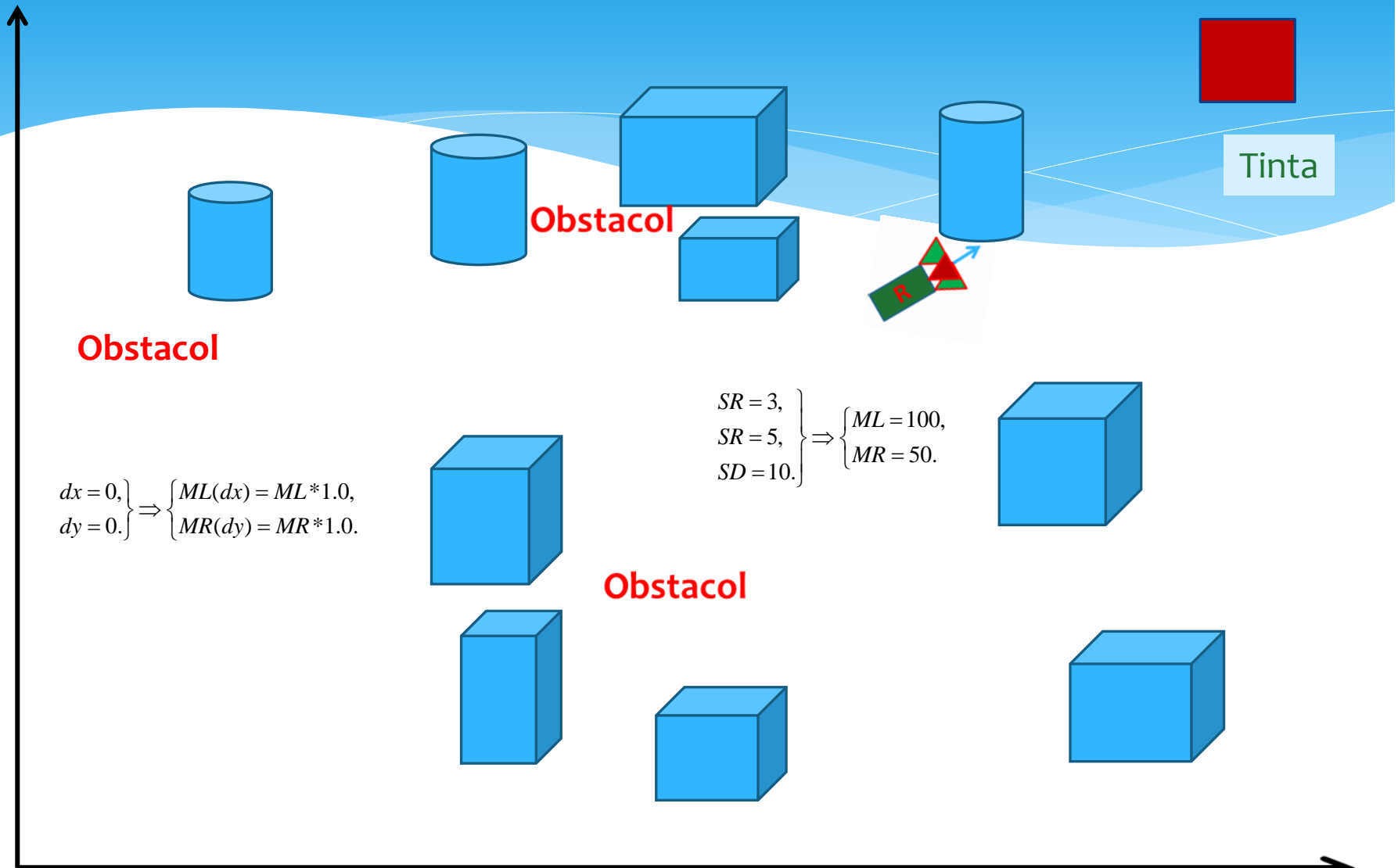
Tinta

$$\left. \begin{matrix} dx = \infty, \\ dy = 0. \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ML(dx) = ML * 0.0, \\ MR(dy) = MR * 1.0. \end{cases}$$

$$\left. \begin{matrix} SR = \infty, \\ SR = \infty, \\ SD = \infty. \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ML = 100, \\ MR = 100. \end{cases}$$

Obstacol

Exemplu de percepere a mediului de activitate pentru RM



Obstacol

Obstacol

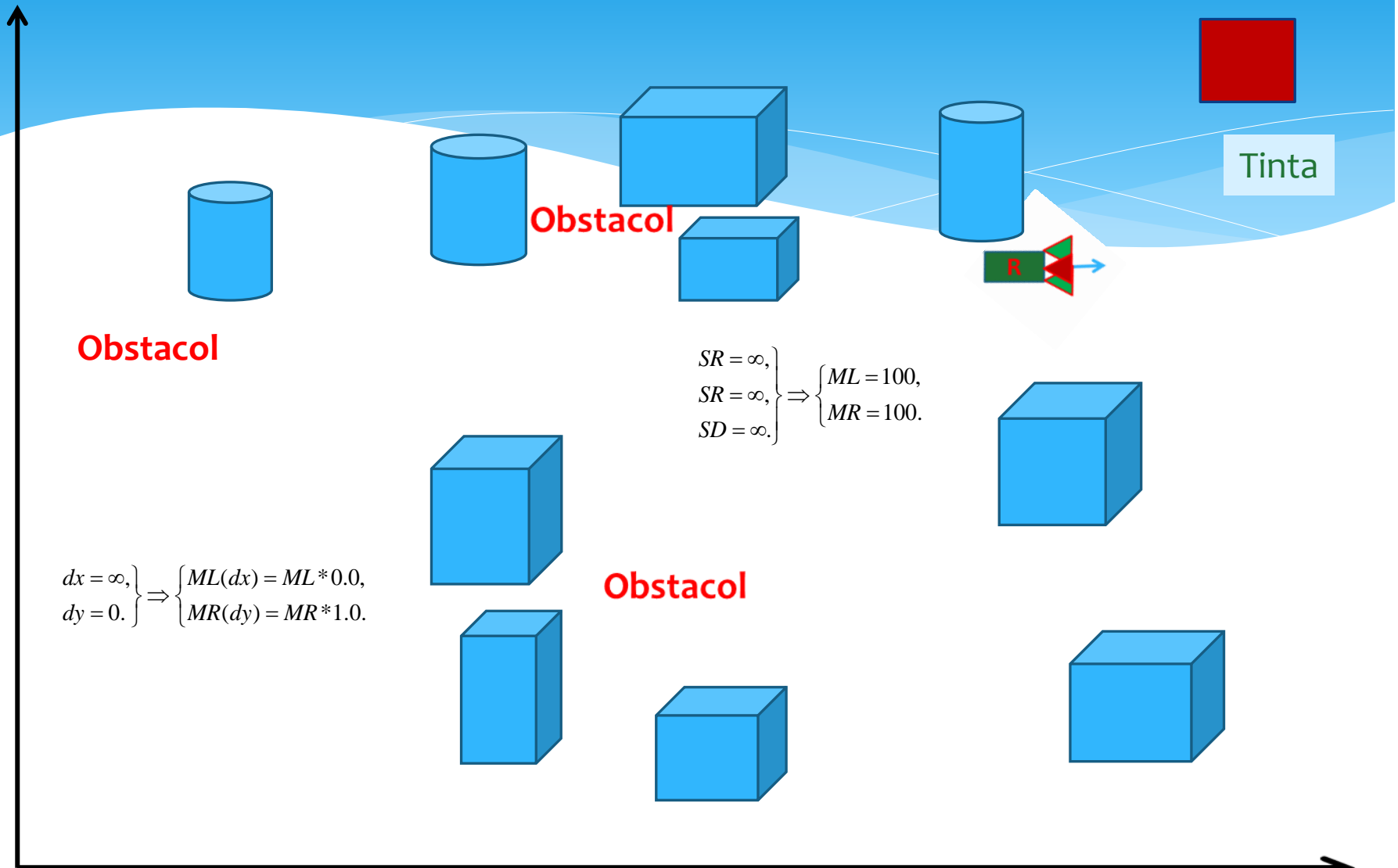
Tinta

$$\left. \begin{matrix} dx=0, \\ dy=0. \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ML(dx) = ML * 1.0, \\ MR(dy) = MR * 1.0. \end{cases}$$

$$\left. \begin{matrix} SR = 3, \\ SR = 5, \\ SD = 10. \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ML = 100, \\ MR = 50. \end{cases}$$

Obstacol

Exemplu de percepere a mediului de activitate pentru RM



Obstacol

Obstacol

Obstacol

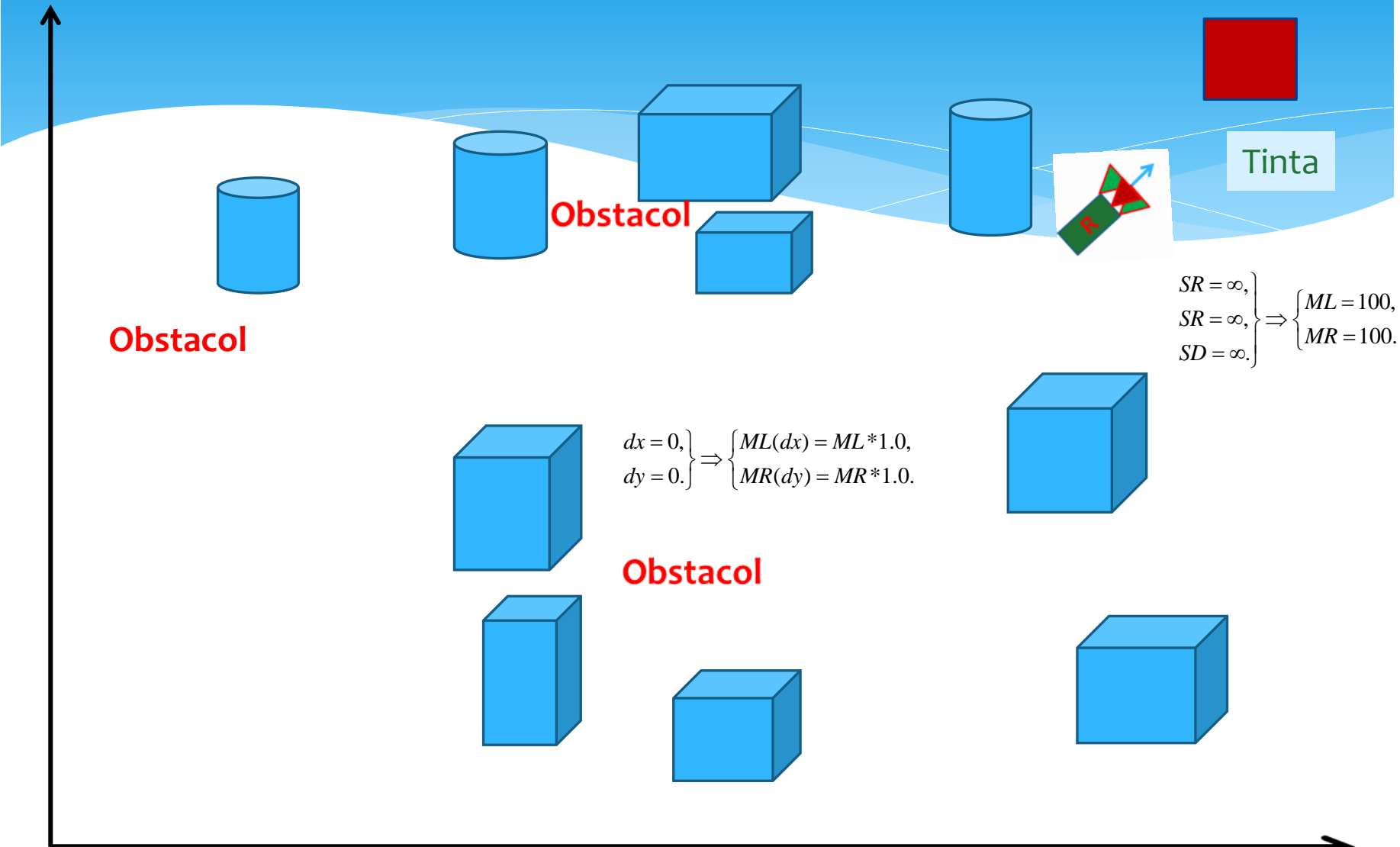
Tinta



$$\left. \begin{matrix} dx = \infty, \\ dy = 0. \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ML(dx) = ML * 0.0, \\ MR(dy) = MR * 1.0. \end{cases}$$

$$\left. \begin{matrix} SR = \infty, \\ SR = \infty, \\ SD = \infty, \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ML = 100, \\ MR = 100. \end{cases}$$

Exemplu de percepere a mediului de activitate pentru RM



Obstacol

Obstacol

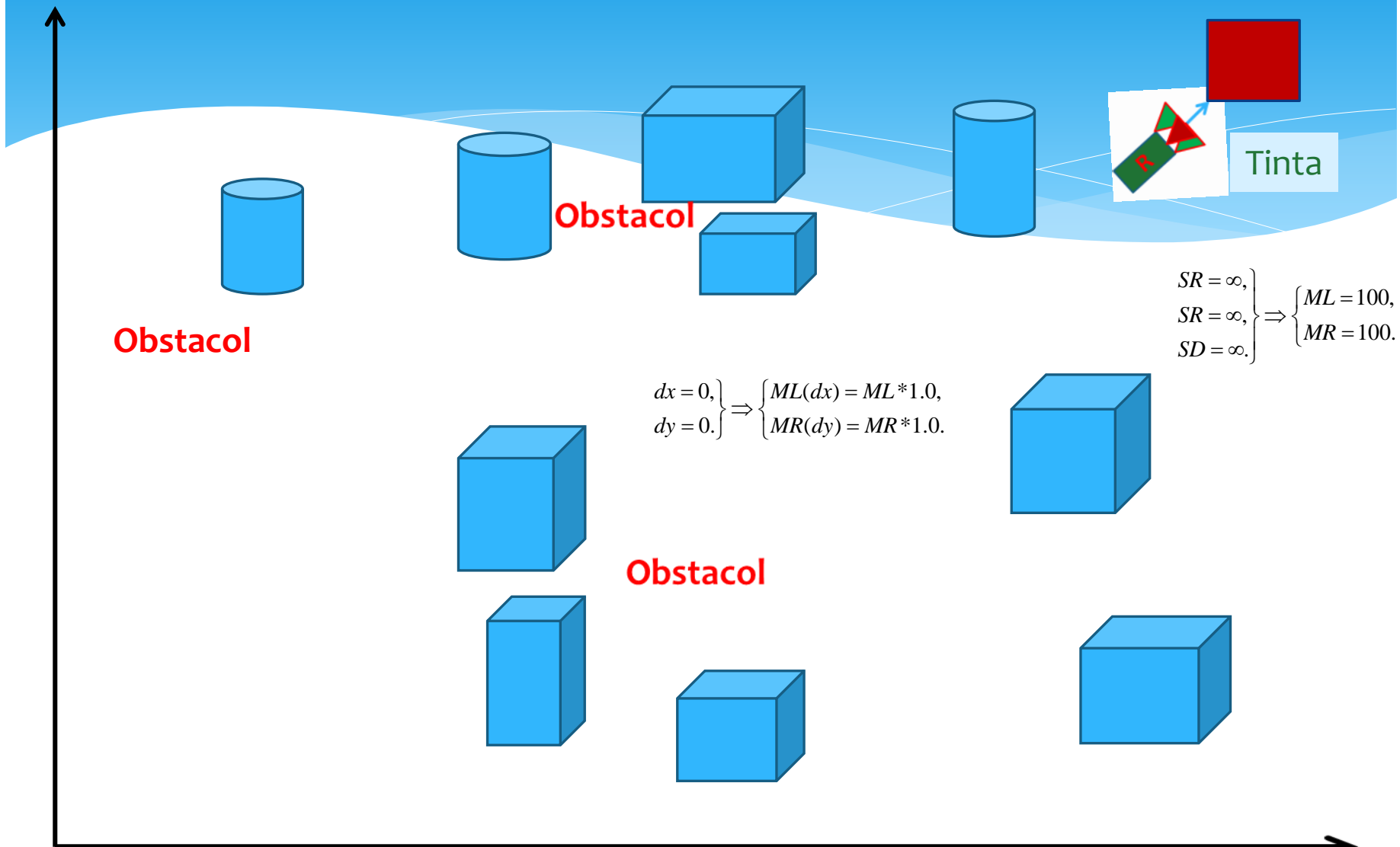
Tinta

$$\left. \begin{matrix} SR = \infty, \\ SR = \infty, \\ SD = \infty. \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ML = 100, \\ MR = 100. \end{cases}$$

$$\left. \begin{matrix} dx = 0, \\ dy = 0. \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ML(dx) = ML * 1.0, \\ MR(dy) = MR * 1.0. \end{cases}$$

Obstacol

Exemplu de percepere a mediului de activitate pentru RM



Obstacol

Obstacol

Obstacol

Tinta

$$\left. \begin{matrix} dx = 0, \\ dy = 0. \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ML(dx) = ML * 1.0, \\ MR(dy) = MR * 1.0. \end{cases}$$

$$\left. \begin{matrix} SR = \infty, \\ SR = \infty, \\ SD = \infty. \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ML = 100, \\ MR = 100. \end{cases}$$

Lista de teme pentru Teza de licenta:

1. Sistem informational educational pentru copii;
2. Sistem pentru modelarea 3D a bratului robotic;
3. Sistem Multi-Robot cu colaborare Master-Slave;
4. Sistem pentru ghidarea unui set de Roboti Mobili in baza retelei Internet;
5. Sistem pentru ghidarea robotilor mobili in baza informatiei video;
6. Sistem interactiv Om-Robot in baza comenzilor vocale;
7. Sistem inteligent de comanda pentru colonii de Roboti Mobili;
8. Sistem pentru investigarea spatiilor 3D (Drona ghidata la distanta);
9. Aplicatii interactive pentru predarea disciplinilor tehnologice la specialitatea Robotica si Mecatronica;
10. 10. Sistem pentru controlul Motoarelor DC in baza Kit-ului Intel EDISON;
11. 11. Sistem pentru controlul Motoarelor S-b-S (pas cu pas) in baza Kit-ului Intel EDISON;
12. 12. Sistem pentru controlul Motoarelor cu Curent Alternativ (AC) in baza Kit-ului Intel EDISON.



Tema Nr. 4