

Posicionamento Estratégico em Situações de Cobrança de Escanteio para um Time de Futebol de Robôs Autônomos

Cláudia Elizabete Reis , Camila Laranjeira , Sergio Souza Jr. , Marco A C Simões , Diego Frias , Josemar Rodrigues de Souza

¹Núcleo de Arquitetura de Computadores e Sistemas Operacionais (ACSO) – Universidade do Estado da Bahia (UNEB), CEP 41.150-000, Salvador, Bahia, Brasil.

teambahiar@gmail.com

Abstract. *In this article, a study was conducted on the strategic formation module of the simulated soccer team BahiaRT, and also the auxiliary tool Matchflow, used for intuitive manipulation of the team's formations. The focus of this study lies on the formation in corner kick situations favoring the ally team, seeking to increase the number of goals scored in this scenario. When playing against competitive teams, set pieces can happen several times throughout the game, thus emphasizing the relevance of positive results on studies of this nature.*

Resumo. *Neste artigo foi realizado o estudo do módulo de formação estratégica do time de futebol simulado BahiaRT, bem como da ferramenta auxiliar Matchflow, utilizada para manipular intuitivamente as formações do time. O foco do estudo foi a formação em situações de cobrança de escanteio favorecendo o time aliado, na busca por aumentar o número de gols marcados nesse cenário. Contra times competitivos, situações de bola parada podem ser constantes ao longo do jogo, destacando assim a relevância de resultados positivos em estudos dessa natureza.*

1. Introdução

A RoboCup [Kitano et al. 1995] é uma iniciativa internacional de incentivo à pesquisa em robótica e inteligência artificial. Criada em 1997, tem como objetivo desenvolver uma equipe de robôs autônomos capaz de vencer em 2050 a atual seleção campeã do mundial da FIFA, seguindo as regras do mundial. A RoboCup possui várias ligas, dentre elas está a Liga de Simulação 3D, a qual consiste em jogos de futebol simulados em ambiente tridimensional com robôs bípedes. O objetivo desta liga é testar métodos de coordenação multi-agentes e desenvolver controladores eficazes para que os robôs humanoides possam se movimentar veloz e estavelmente no campo, driblar, chutar a bola, se levantar das quedas, saltar, cabecear e dar carrinho à semelhança do jogador humano.

Um aspecto importante na coordenação multiagentes é a formação, ela define como os jogadores estarão dispostos no campo assim como sua movimentação durante o jogo em função da posição da bola e das jogadas que estejam acontecendo [Norouzitallab et al. 2014], como por exemplo jogadas que se iniciam com a bola parada, e.g. escanteio. A formação pode ser vista como o resultado da sobreposição harmônica e dinâmica de duas decomposições de domínio: (1) a divisão do domínio espacial do jogo, ou seja, do campo de futebol, em zonas: central, lateral, meio campo, de

defesa, do gol, e (2) a divisão do domínio das atribuições, definindo papéis ou missões diferentes para os jogadores: zagueiro, volante, lateral, armador, atacante, líbero, goleiro, etc. É precisamente fruto dessa sobreposição que, salvo raras exceções, um zagueiro geralmente não avança para o ataque, por exemplo.

Para facilitar a manipulação das formações foi desenvolvida a ferramenta *Matchflow* [Marques 2010], a qual permite definir - usando uma interface gráfica - o posicionamento dos agentes em diversas zonas do campo conforme o papel de cada jogador. Neste artigo será descrito o conceito de formações e como estas são configuradas através do *Matchflow*, para posteriormente serem utilizadas por um agente jogador de futebol. Apresentaremos também a formação criada para os cenários de cobrança de escanteio da equipe BahiaRT.

Para tratar desse tema, o trabalho foi dividido em 7 seções. Na seção 2 será introduzido o conceito da estratégia e da escolha da formação. A seção 3 apresentará brevemente a ferramenta *Matchflow* e qual o seu propósito no gerenciamento de formações. Na seção 4 serão apresentadas a situação problema, bem como solução adotada. Em seguida, na seção 5 será descrito em detalhes os materiais e métodos utilizados para validação desse estudo. A seção 6 apresentará os resultados e por fim a seção 7 apresentará as conclusões e os trabalhos futuros.

2. Formação Estratégica

A cooperação em um sistema multi-agente pode ser útil de diversas formas, como por exemplo facilitando a exploração de um ambiente dinâmico [Burgard et al. 2005, Low et al. 2007], de modo que todo o ambiente possa ser mapeado e todos os objetos estejam sempre dentro do ângulo de visão de pelo menos um dos agentes. No cenário da Liga de Simulação 3D, agentes bem posicionados podem, através do uso da comunicação, manter todos os jogadores atualizados acerca do estado atual completo do jogo. Em um jogo de futebol real a formação é um fator importante também para garantir o bom desempenho do time, pois a formação está diretamente relacionada à estratégia de jogo do time [Huang and Liang 2002]. O mesmo vale para as ligas de futebol da RoboCup que já alcançaram um nível de complexidade suficiente para trabalhar com cooperação de agentes.

No time BahiaRT, a estratégia de escolha da formação e a definição dela através da ferramenta *Matchflow* foram herdadas do código base da equipe FCPortugal (FCPBase) [Lau et al. 2013]. Essa base propõe que a posição dos agentes vai depender de diversos fatores, tais como estado atual do jogo (e.g. escanteio, lateral, *playon*, etc.), posse de bola (e.g. aliado ou oponente), e principalmente a posição da bola no campo, pois esta é a principal referência a partir da qual os agentes devem se orientar [Reis et al. 2001]. Para suprir todas essas necessidades, é necessário criar uma formação específica para cada situação mapeada, para que um módulo de estratégia decida, dentre as formações, qual a mais relevante para o contexto atual.

Outro fator importante para garantir uma boa estratégia de jogo é a definição de papéis, a qual se caracteriza pela posição que o jogador ocupa e o objetivo que ele deve alcançar numa jogada. A definição de papéis pode ser estática e atribuída ao número da camisa do jogador (e.g. jogador número 1 equivale ao papel do goleiro), no entanto tal abordagem apresenta baixo desempenho já que o jogo de futebol conta com um cenário

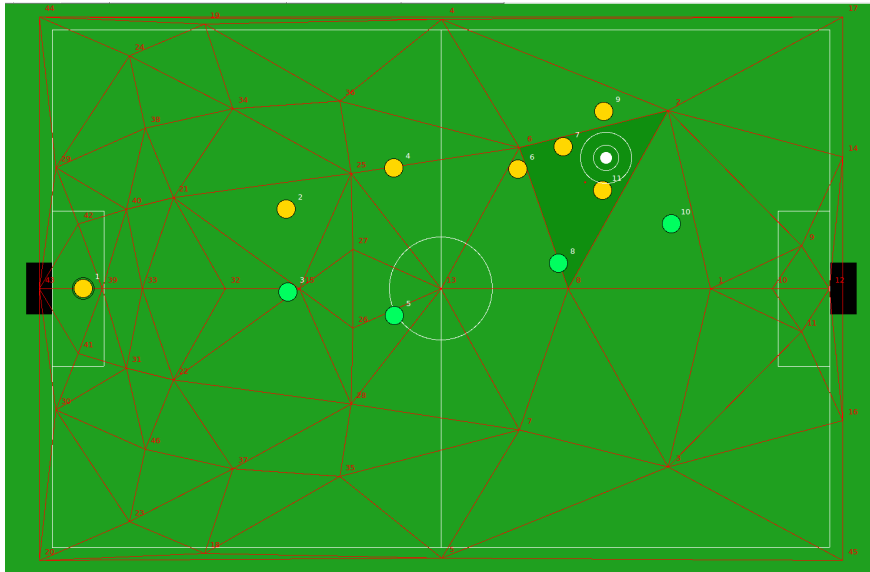


Figura 1. Exemplo de formação representada na ferramenta *Matchflow*

dinâmico, por essa razão é preferível optar pela alternativa de formação também dinâmica, quando passa a existir o conceito de troca de papéis [MacAlpine et al. 2013]. No segundo caso, ainda que haja uma formação estática definida, o módulo de estratégia pode atribuir novos valores momentaneamente às camisas dos jogadores, invertendo assim seus papéis caso seja conveniente para a situação atual. Um bom exemplo onde a definição dinâmica de papéis se mostra relevante é quando, por alguma razão, o goleiro conduz a bola para fora do gol, nesse momento um outro jogador assume o seu papel e a ele é atribuído momentaneamente o papel do goleiro.

3. Matchflow

O Matchflow foi inicialmente desenvolvido por Hidehisa Akiyama, sob o nome de *fedit*, como parte da ferramenta *soccerwindow2* [Akiyama 2011], e posteriormente aperfeiçoado pela Equipe FCPortugal [Marques 2010]. Na sua forma original, a ferramenta foi criada para a liga de simulação 2D, com o objetivo de facilitar o posicionamento dos agentes no campo em função da posição da bola. O mecanismo adotado pela ferramenta é baseado na teoria de Triangulação de Delaunay juntamente com um algoritmo de interpolação linear [NITTA 2007], onde o valor de entrada é um ponto focal, i.e., a posição da bola, e a saída são as posições estratégicas de cada jogador aliado em campo. Como pode ser visto na figura 1, o campo é dividido em triângulos (representados em vermelho na ferramenta), e é possível definir manualmente, através da ferramenta, a posição dos jogadores quando a bola se encontra em cada um dos vértices dos triângulos. A função da Triangulação de Delaunay é encontrar em qual triângulo a bola atualmente se encontra, para em seguida a interpolação linear definir a posição exata dos jogadores, levando em consideração as posições definidas para cada vértice daquele triângulo específico. Para melhor entendimento da figura 1, considere que a bola é representada por um círculo branco, e os jogadores aliados recebem as cores verde e amarela.

A contribuição do time FCPortugal tornou a ferramenta genérica, podendo também ser utilizada em outras ligas de futebol de robôs como *Medium Size*, 3D e *Mi-*

xed Reality, adaptando dimensões do campo e número de jogadores para cada alternativa de liga, incluindo também a possibilidade de reposicionar os agentes a depender de qual aliado tenha posse da bola. É levado em consideração também o caso da posse da bola atualmente estar com um oponente.

Dentre as funcionalidades desenvolvidas pelo FCPortugal, está a possibilidade de declarar valores de fluxo para pontos específicos do campo. Estes pontos são os vértices dos triângulos especificados numa formação pela triangulação de Delaunay (fig. 2). A cada vértice é atribuído um valor de 0 a 100 chamado valor de fluxo, quanto maior o valor de fluxo, maior será o fator de atração para o agente com a posse de bola se deslocar em direção àquela região. A figura 3 demonstra o valor de fluxo para cada zona do campo formando uma matriz de fluxos.

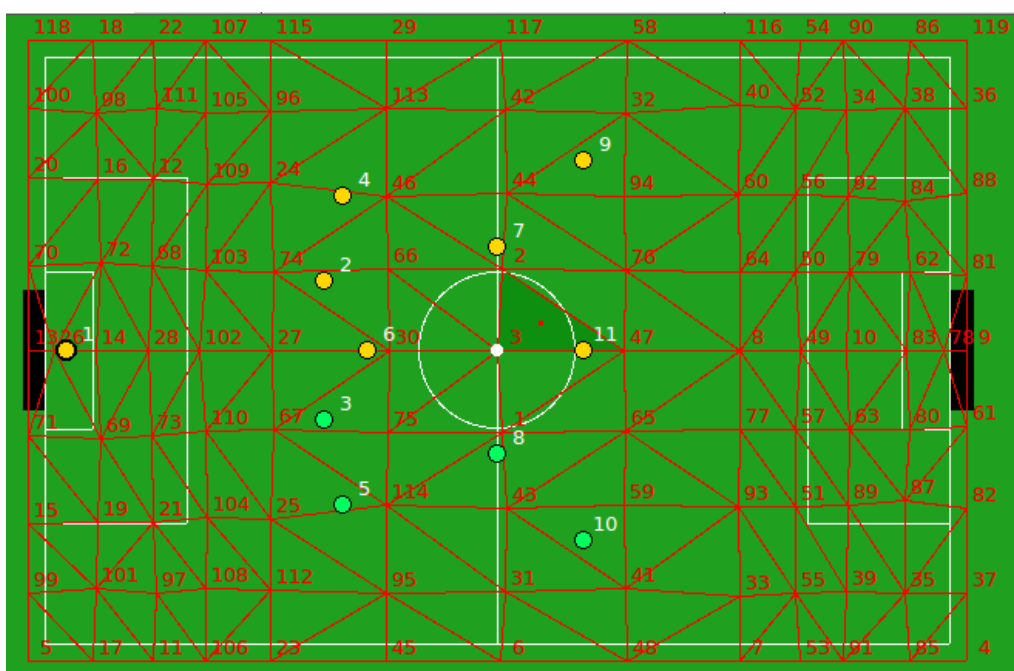


Figura 2. Triangulação de Delaunay para definir valores de fluxo(Retirado de [Marques 2010])

Outra funcionalidade importante na ferramenta é a possibilidade de definir jogadores cujo posicionamento no campo seja simétrico entre eles, geralmente utilizado para jogadores que desempenham o mesmo papel em lados opostos do campo. Isso facilita a alteração da posição de tais jogadores, pois basta apenas alterar os atributos de um deles e a ferramenta automaticamente refletirá a modificação no respectivo agente simétrico. Na figura 4 os agentes 7 (em amarelo) e 8 (em verde) desempenham o papel de atacante nesta formação. Na caixa de edição na figura 4 há um campo "Symmetry", este campo recebe o valor "0" se o jogador não possui simetria. No caso de agentes simétricos, a um deles é atribuído o valor "-1" e ao outro o valor do seu agente simétrico, i.e., se o jogador 7 é simétrico ao 8, o 7 recebe "-1" e o 8 recebe "7" (número da camisa do jogador simétrico a ele).

Uma vez definida a formação desejada, o arquivo é salvo com a extensão *.conf* para futuramente ser lido e processado pelo módulo de estratégia do agente. A listagem 1

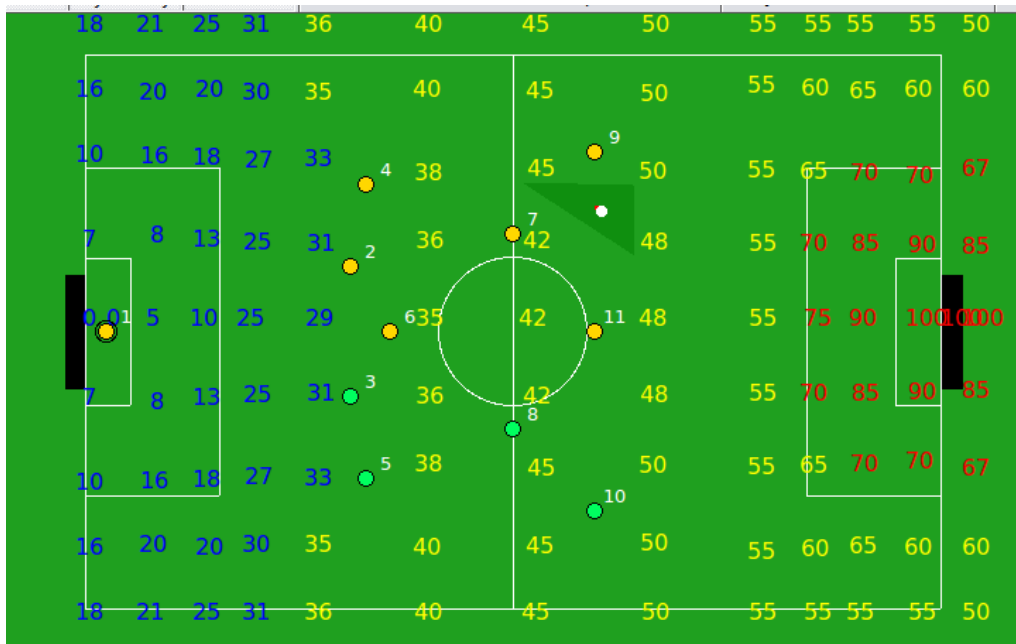


Figura 3. Matriz de fluxos(Retirado de [Marques 2010])

exibe um exemplo de arquivo de saída do *MatchFlow*.

```

1 Formation DelaunayTriangulation N3
2 Begin Roles
3 1 Goalie 0
4 2 CenterBack -1
5 3 CenterBack 2
6 4 SideBack -1
7 5 SideBack 4
8 6 DefensiveHalf 0
9 7 OffensiveHalf -1
10 8 OffensiveHalf 7
11 9 SideForward -1
12 10 SideForward 9
13 11 CenterForward 0
14 End Roles
15 Begin Samples 2 26
16 ----- 0 -----
17 Ball -8.74 0
18 1 -13.7 0
19 2 -13.36 -0.54
20 3 -12.16 0.07
21 4 -11.65 -1.21
22 5 -11.65 1.21
23 6 -10.53 0
24 7 -10.01 -0.65
25 8 -10.14 1.11
26 9 -9.1 -0.27
27 10 -9.6 0.52

```

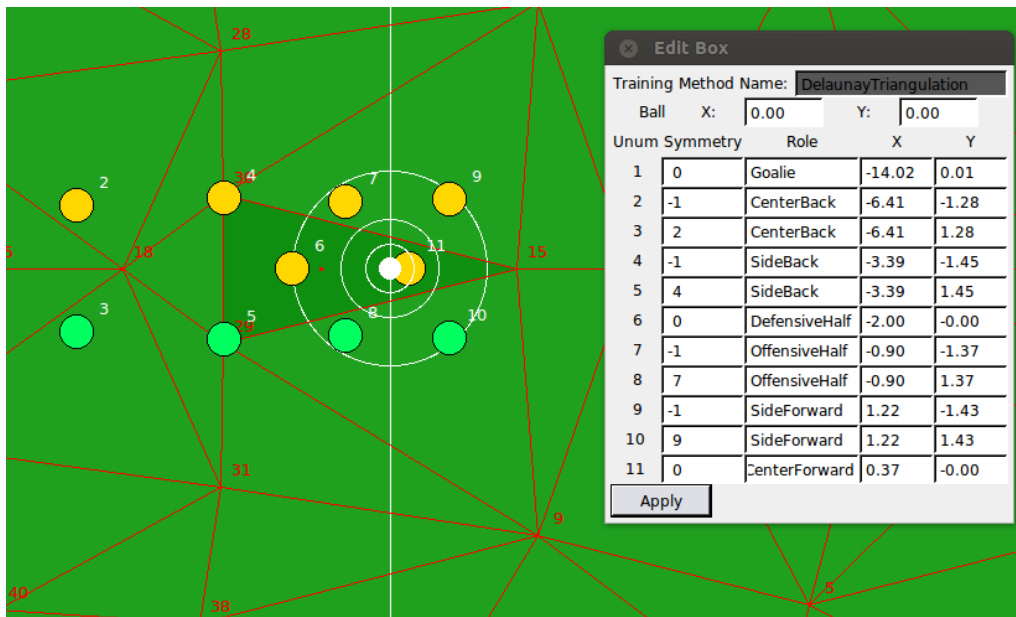


Figura 4. Simetria no matchflow

```

28 11 -8.68 -0.02
29 End Samples
30 Begin Player With Ball Samples 1
31 2 3
32 2 -11.10 -2.10
33 End Player With Ball Samples
34 End

```

Listagem 1. Exemplo de arquivo de saída do MatchFlow.

A primeira linha do código define a qual liga pertence a formação, neste caso $N3$ é um nome simplificado para a liga de simulação 3D. As linhas 2 e 14 indicam respectivamente o início e fim da determinação de papéis. Para cada agente são determinados 3 parâmetros como nas linhas 3 a 13. O primeiro parâmetro indica o número da camisa do jogador, o segundo representa o nome do papel em inglês e o último o tipo da simetria conforme já ilustrado na fig. 4.

Entre as linhas 15 e 29 estão os valores da posição dos jogadores e da bola para cada vértice, considerando que eles não tem a posse da bola. Na linha 16 o "0" indica o vértice do triângulo, a linha 17 a posição(x, y) da bola, da 18 a 28 os três parâmetros indicam o número da camisa do jogador e sua posição(x, y) respectivamente.

A partir da linha 30 estão as configurações de reposicionamento dos jogadores quando time possui posse de bola. Estas configurações permitem que os companheiros deixem o caminho livre para o jogador que tem a posse de bola.

4. Escanteio: usando formações para melhorar o aproveitamento

Todas as formações do BahiaRT são definidas através do *Matchflow*. Em situações de escanteio favorecendo o time aliado, é feito um cruzamento rasteiro em direção à área de

pênalti. Originalmente apenas o agente 9 era posicionado para interceptar a bola dentro da área de pênalti em frente ao goleiro adversário, como pode ser visto na figura 5.

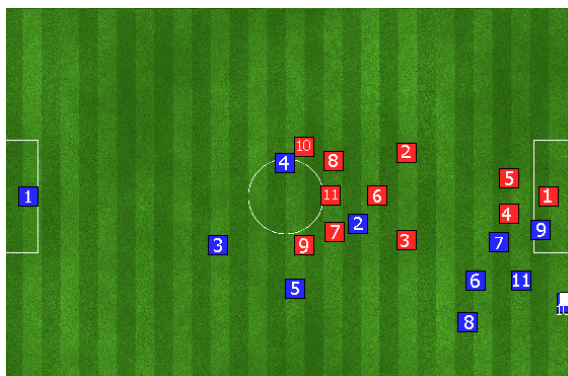


Figura 5. Formação antiga

O posicionamento dos agentes varia em função da bola, em outras palavras, quando a bola se desloca o agente também o faz. No entanto, como a velocidade da bola ao ser chutada pode ser maior que a do agente, é possível que ela chegue ao seu destino final antes de ser alcançada. No caso específico do escanteio, quando o agente que deveria interceptar a bola não tem sucesso, a bola segue para o seu destino final próximo ao centro do gol adversário, onde normalmente se encontra o goleiro do time oponente. A partir daí recuperar a bola se torna uma tarefa difícil pois além do aliado precisar se reposicionar para cumprir seu novo objetivo, o goleiro adversário tem melhores chances de posse de bola e se torna um forte obstáculo entre o aliado e o gol, normalmente culminando na colisão entre os dois jogadores.

4.1. Solução aplicada ao problema

Duas soluções foram aplicadas em conjunto: o ajuste no alvo final da bola, afastando-o do goleiro para reduzir o número de colisões, e ajustes na posição dos agentes 9 e 7. O agente 7 foi reposicionado mais próximo do destino final da bola para que haja mais chances de interceptá-la, e o agente 9 depois do goleiro - na 2ª trave como é comumente chamado no jargão do futebol - mais próximo do gol (Fig. 6).

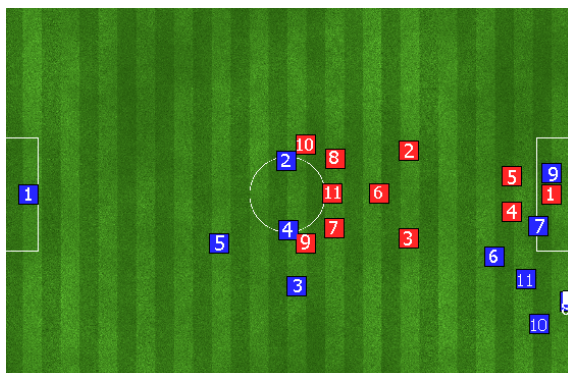


Figura 6. Nova Formação

Nesta nova formação, caso ocorra uma colisão entre o goleiro e o agente 7, o

agente 9 tem chances de interceptar a bola e marcar o gol já que está fora da situação de colisão.

4.2. Estado Pós Escanteio

No futebol o passe acontece entre dois jogadores, um jogador responsável por chutar e o outro receber a bola, o objetivo do agente que recebe a bola pós cobrança do escanteio é fazer gol. Graças à formação, este agente já está posicionado para receber a bola, tornando desnecessárias neste cenário jogadas de passe planejadas dinamicamente. Assim, no modo de jogo *corner kick* para o passe foi definido um alvo fixo, conforme explicado anteriormente.

Entretanto, após os primeiros testes surgiu um problema. Quando o modo de jogo deixava de ser *corner kick* - que representa a situação em que se aguarda que um escanteio seja cobrado - e volta a ser *play on* - situação normal de bola rolando - jogadas de passe dinâmico voltavam a ser possíveis e os agentes podiam se posicionar em função disto. Para prevenir que isso aconteça, o passe dinâmico foi desativado também para os 3 segundos que seguem o último *corner kick*. Este tempo representa aproximadamente o tempo que a bola leva para percorrer a distância entre o local de chute e o destino final. A fig. 7 ilustra a trajetória média percorrida pela bola durante a cobrança de escanteio.

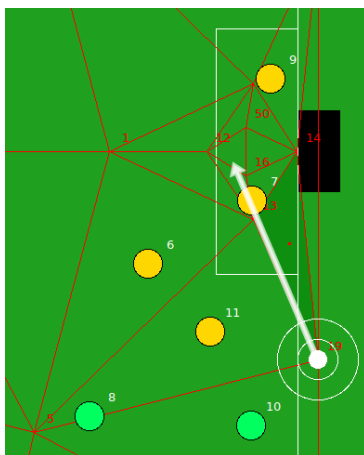


Figura 7. Trajetória Bola

5. Procedimento Experimental

Os testes foram realizados utilizando como adversário um time de agentes *dummy*. Agentes *dummy* são agentes estáticos que não se movimentam durante o jogo, assim não podem intervir no posicionamento dos jogadores na situação testada. Funcionam como cones. O time *dummy* foi posicionado de forma padrão ao que se costuma aplicar em times de futebol de robôs nesta liga. Foram realizados também testes com times reais, para verificar a eficácia da nova formação em um ambiente não controlado.

O benefício de usar o time *dummy* é não precisar lidar com variáveis não controladas. Caso os testes fossem realizados contra times reais, os resultados seriam impactados pelo posicionamento defensivo do adversário na situação de escanteio e não seria possível validar a eficácia da nova formação. Será necessário na continuação deste trabalho, ajustar o posicionamento dinâmico dos agentes conforme seja o posicionamento defensivo do adversário. Neste caso, fará sentido adotar testes contra adversários reais.

O objetivo principal dos testes é validar a nova formação descrita. A formação foi validada medindo a quantidade de colisões do agente 7 com o goleiro e a quantidade de gols marcados, comparando com a formação original.

Foram realizados um total de 100 testes contra times reais e o time dummy, 50 para a formação de escanteio antiga e 50 para a nova, para cada formação 25 testes foram efetuados ao lado esquerdo do gol e 25 ao lado direito.

6. Resultados

Na tabela 1 são apresentados os resultados para a formação antiga, na primeira coluna está o lado do gol para o qual os testes foram realizados, na segunda e terceira o percentual de gols e colisões respectivamente. Na tabela 2 são apresentados os percentuais para a nova formação.

Lado do gol	Gol(%)	Colisão(%)
Direito	80	12
Esquerdo	60	64

Lado do gol	Gol(%)	Colisão(%)
Direito	100	8
Esquerdo	76	44

Nas tabelas 3 e 4 estão apresentados os resultados contra times reais para a formação antiga e nova respectivamente.

Lado do gol	Gol(%)	Colisão(%)
Direito	32.5	12.5
Esquerdo	25	12.5

Lado do gol	Gol(%)	Colisão(%)
Direito	30	0
Esquerdo	35	15

Para a nova formação, foi medida também a quantidade de vezes que outro jogador interceptou a bola. Nos testes com o time dummy para o lado esquerdo do gol o jogador de camisa 10 interceptou 6 vezes e para o lado direito o 9 interceptou 2 vezes. Já com times reais para o lado esquerdo do gol o jogador de camisa 10 interceptou 4 vezes e para o lado direito o 9 interceptou 3 vezes.

A diferença de desempenho entre os lados esquerdo e direito é explicada pela eficácia do chute que apresenta esta diferença atualmente e está sob investigação em outro trabalho no grupo de pesquisa. Os resultados demonstram uma melhoria significativa na nova formação para os dois indicadores medidos. Com o ajuste do chute no lado esquerdo esperamos obter resultados idênticos.

7. Conclusões e Trabalhos Futuros

Uma formação é importante para determinar o posicionamento estratégico dos jogadores em campo, garantindo uma vantagem em relação ao time adversário. Neste trabalho demonstramos uma melhoria de 20% no aproveitamento dos escanteios pelo lado direito e 16% pelo lado esquerdo. Houve também uma redução considerável na quantidade de colisões do jogador na primeira trave com o goleiro adversário, resultado do melhor posicionamento.

Estes resultados comprovam o efeito positivo da formação estratégica sobre a inteligência tática do time. Como trabalhos futuros, iremos estender as formações realizadas para dinamicamente escapar da marcação adversária. Também serão adaptadas formações para outras situações de bola parada como laterais, faltas, tiro de meta e também lances de jogo normal.

Agradecimentos

Agradecemos aos programas e instituições que financiam parcialmente este projeto: CNPq/PIBIC, FAPESB/IC, UNEB. Agradecemos também a equipe FC Portugal pela cooperação em parceria com as Universidades de Aveiro, Minho e Porto em Portugal.

Referências

- Akiyama, H. (2011). soccerwindow2-5.1.0. Acessado em 2 de fevereiro, 2015, de <http://en.sourceforge.jp/projects/rctools/downloads/51942/soccerwindow2-5.1.0.tar.gz/>.
- Burgard, W., Moors, M., Stachniss, C., and Schneider, F. E. (2005). Coordinated multi-robot exploration. *Robotics, IEEE Transactions on*, 21(3):376–386.
- Huang, H.-P. and Liang, C.-C. (2002). Strategy-based decision making of a soccer robot system using a real-time self-organizing fuzzy decision tree. *Fuzzy Sets and Systems*, 127(1):49–64.
- Kitano, H., Asada, M., Kuniyoshi, Y., Noda, I., and Osawa, E. (1995). Robocup: The robot world cup initiative. In *Proc. of IJCAI-95 Workshop on Entertainment and AI/Alife*, Montreal.
- Lau, N., Reis, L. P., Shafii, N., Ferreira, R., and Abdolmaleki, A. (2013). Fc portugal 3d simulation team: Team description paper. *RoboCup 2013*.
- Low, K. H., Gordon, G. J., Dolan, J. M., and Khosla, P. (2007). Adaptive sampling for multi-robot wide-area exploration. In *Robotics and Automation, 2007 IEEE International Conference on*, pages 755–760. IEEE.
- MacAlpine, P., Barrera, F., and Stone, P. (2013). Positioning to win: A dynamic role assignment and formation positioning system. In *RoboCup 2012: Robot Soccer World Cup XVI*, pages 190–201. Springer.
- Marques, F. T. (2010). Generic coordination methodologies applied to the robocup simulation leagues. Master’s thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- NITTA, K. (2007). Training of the agent positioning using human’s instruction. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, 11(2):998–1006.
- Norouzitallab, M., Monajjemi, V., Ghidary, S. S., and Menhaj, M. B. (2014). A framework for learning multi-agent dynamic formation strategy in real-time applications. *arXiv preprint arXiv:1408.0058*.
- Reis, L. P., Lau, N., and Oliveira, E. C. (2001). Situation based strategic positioning for coordinating a team of homogeneous agents. In *Balancing Reactivity and Social Deliberation in Multi-Agent Systems*, pages 175–197. Springer.