

Dartstű mozgásának vizsgálata dartsozó robothoz

Testing the motion of a dart for a darts playing robot

KOVÁCS Szilárd

BME Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

Cím: 1111 Bertalan Lajos u. 4-6. D épület 4. emelet 407. ajtó

Levelezési cím: 1521 Budapest, Pf. 91.

Tel.: +36 1 463-2602; Fax: +36 1 463-3787; E-mail: info@mogi.bme.hu; honlap: http://mogi.bme.hu

Kivonat

Ebben a cikkben két dartstű modellt mutatok be, amelyek egy dartsozó robot célzásához lesznek felhasználva. Első modell esetében ideális dartstűt veszek figyelembe, második modell esetében figyelembe veszem, hogy a dartstoll geometriája nem tökéletesen szimmetrikus és az igénybevételek hatására torzulhat. A modellek elkészítéséhez MATLAB és SIMULINK szoftvereket használtam. A dartstű modellek megfelelőségét kamerás mérésekkel vizsgáltam.

Kulcsszavak: darts, modellezés, gépi tanulás, áramlástan, képfeldolgozás

Abstract

In this article, I would like to present two darts needle models that will be used for the targeting procedure of a darts playing robot. For the first model I have considered the ideal darts needle, for the second model I have also taken into account that the geometry of the dart is not perfectly symmetrical and may be distorted by stress. For preparing the models MATLAB and SIMULINK softwares were used. The suitability of the dart models was checked by camera measurements.

1. BEVEZETÉS

Egy dartsozó robot célzására több módszer is létezik. A legegyszerűbb módszer kézi próbálkozásokon alapul, ebben az esetben az ember maga optimalizálhatja az egyes dobásokat, ami időigényes folyamat. Az emberi próbálkozások automatizálhatóvá tehető, ami továbbra is időigényes folyamat marad, hiszen 82 részre van osztva a dartstábla, amely 43 különböző értéket jelent. A próbálkozásokon alapuló módszerek minden esetben csak kötött elrendezésre használhatók, azonos környezeti feltételek között. E módszer legnagyobb hátránya mégis a biztonság, hiszen az eldobott dartsnyíl mindaddig repülni fog, míg el nem talál valamit.

A biztonságon túl, az emberi dartssportra kötött szabályok vonatkoznak, a robotok esetén nincsenek ilyen szabályok. Emberi dobások esetén több vizsgálat is született az optimális eldobási stratégiára [1][2]. Az egyes robotok esetén, más környezetben, eltérő dartstű és tábla használatakor, újra meg kell „tanítani” a robotot a dartsjátékra, próbálkozás alapú optimalizálási stratégia esetében.

Dartsozó robot megvalósításának legösszetettebb megoldása a modell alapú célzás. A modellezésre több megoldás is létezik áramlástan feladatok esetében [3][4]. A modell hatalmas előnye a magasabb fokú adaptivitás, a biztonságosabb tesztelés és optimalizálás lehetősége. Pontosság szempontjából a próbálkozásokon alapuló módszerek előnyösebbek, hiszen a valós rendszert vizsgálják. Modellezéssel megvalósítható egy középhaladó szintű célzás, amelyet természetesen sokkal biztonságosabban és nagyságrendekkel rövidebb idő alatt lehet a valós rendszeren pontosítani.

2. MÓDSZEREK

A dartsnyíl testére ható erőket áramlástani összefüggésekből számítottam [3][5]. A testre ható erőket két részre lehet bontani, a test felületi nyomáseloszlásából \underline{F}_p és közegben haladásból származó csúsztatófeszültségekre \underline{F}_f , az erők kibontását az (1) egyenlet tartalmazza.

$$\underline{F} = \underline{F}_p + \underline{F}_f = - \int_A (p - p_\infty) \cdot d\underline{A} + \int_A \tau_0 \cdot \underline{e} \cdot |d\underline{A}| \quad (1)$$

Az (1) egyenlet jelölései a következők: $d\underline{A}$ felületelem, p az adott felület elemen értelmezett nyomás, p_∞ a nyugvó közeg nyomása, τ_0 a felületi csúsztató feszültség és \underline{e} a sebességvektor irányával megegyező egységvektor. Az erők kifejezhetőek az áramló közeg sebessége, a közeg sűrűsége, nyomástényezők és súrlódási tényezők segítségével is.

Az elfordulások meghatározásához a nyomatékokat is meg kell határozni. A felületelemhez tartozó erőkar a tömegközéppontból a felületelemre mutató vektor. A felületelemre ható erő az (1) egyenlet alapján számítható. A dartstűre ható nyomatékok a (3) egyenlet alapján meghatározhatók.

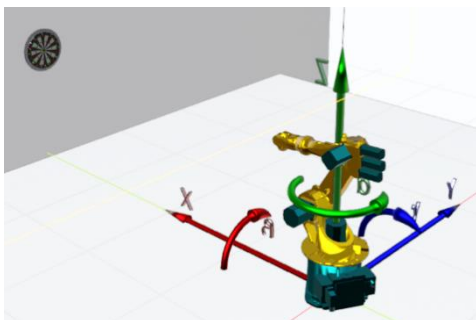
$$\underline{M} = \int_A \underline{r}_{dA} \times (\underline{F}_{dp} + \underline{F}_{df}) \cdot |d\underline{A}| \quad (2)$$

A (2) egyenlet jelölései a következők: \underline{r}_{dA} a tömegközéppontból a felület elemre mutató vektor, \underline{F}_{dp} a felület elemekre ható vetületi erők és \underline{F}_{df} a felületre elemekre ható csúsztató feszültségekből származó erők.

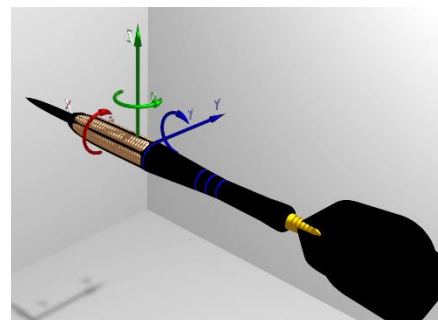
A dartstű geometriája lineáris interpolációval tetszőleges pontossággal meghatározható. A mozgás leírásához szükséges egyenleteket a geometria ismeretében a MATLAB Symbolic Math Toolbox segítségével határoztam meg.

Az első modell esetében a dartstollának vetületét a dartstű hossz tengelyére nézve szimmetrikusnak vettem, így a szimmetria miatt egyes erőkomponensekkel egyszerűsíteni is lehetett. A tollak jellemzően nem „x” alakban állnak, hanem valamelyik irányba ki vannak lapulva, amely a jelentős vetületi különbségen túl a toll alaki tényezőjére is hatással van. A második modell a tollak torzultságát is figyelembe veszi. A torzultság figyelembevételére egységes toll alaki tényező helyett négy alaki tényezőt definiáltam. A négy alaki tényezőtől kettő a hossz tengely menti elfordulásra van hatással, kettő az arra merőleges elfordulásra.

A dartstű teste körül az abszolút koordináta-rendszerben vett áramlás instacionárius. Az áramlás stacionáriussá tétele érdekében a dartsnyíl mozgását, egy azzal együtt mozgó, belső koordináta-rendszerben vizsgáltam.



1. ábra Külső/abszolút koordináta-rendszer

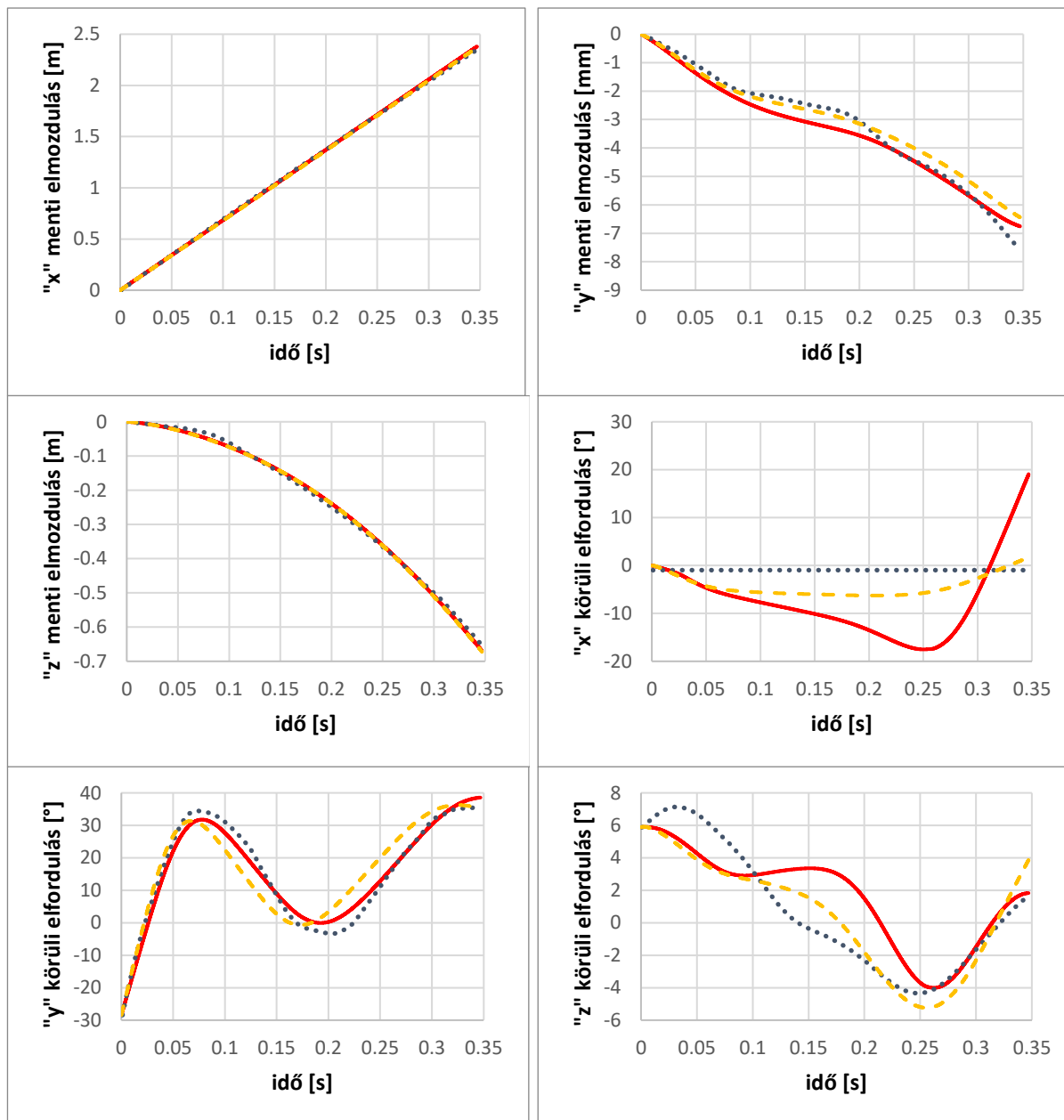


2. ábra Belső/relatív koordináta-rendszer

Az áramlástani paraméterek és a mérési bizonytalanság miatt gépi tanulást alkalmaztam a modell megfeleltetésének vizsgálatára. A tanítási minták a valós dartstű mozgásának kamerás rögzítéséből származtak. Két kamera segítségével alsó és oldalsó nézetből kerültek rögzítésre a dobások. A két kamera képéből a dartstű térbeli helyzetének visszaállításával keletkeztek a tanítási minták [6][7]. A modell paramétereinek tanításának alapját a bakteriális memetik algoritmus (BMA) adta. Az evolúciós algoritmusok közül a BMA sok előnnyel rendelkezik szimuláció alapú identifikációk terén [8][9]. A gyors mozgások és kis méretek miatt, az abszolút és négyzetes eltérés várhatóan nem lesz nulla.

3. EREDMÉNYEK

Az egyes modellek eredményeit a modell mozgásának hat szabadságfoka mentén mutatom be, az egyik mozgásminta segítségével. A 3. ábrán pontvonal a mozgásmintát, folytonos vonal a torzult és szaggatott vonal a szimmetrikus modell eredményeit mutatja. Az x tengely körüli elfordulás nem került rögzítésre, „-1” értékkel jelöltem. Az arányaiban jobb összehasonlítás érdekében, eltolást hajtottam végre a külső koordináta-rendszeren, hogy annak origója az elengedési pontba kerüljön. A tengelyek menti elfordulások a dartstú súlypontjába eltolts külső koordináta-rendszernek megfelelő irányok körül értendők.



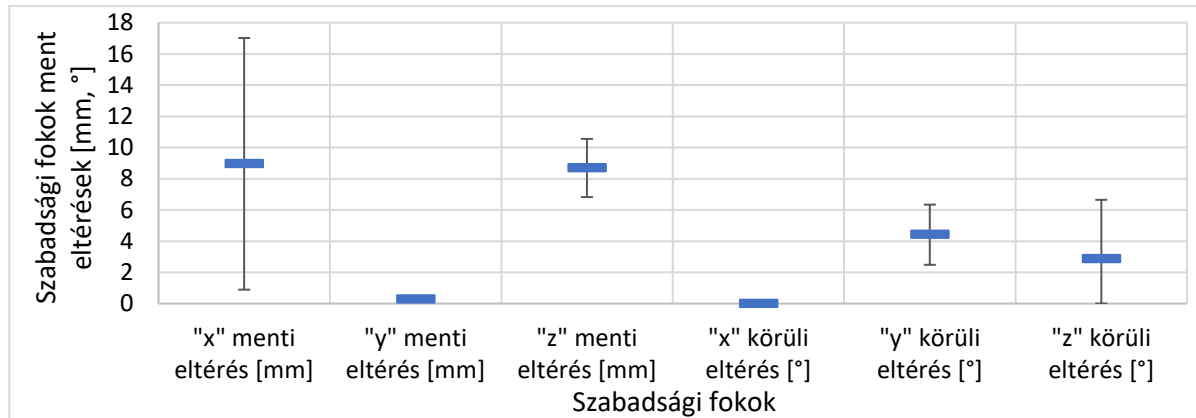
3. ábra Szimmetrikus és torzult modell összehasonlítása egy mozgásminta segítségével

4. KÖVETKEZTETÉSEK

A modellek jellegre helyesen leírják a dartstú mozgását. Az 1. ábrán bemutatott, külső koordináta-rendszer, x , y és z tengelyek tekintetében is nagyon jó egyezést mutatnak a modellezett és mért adatok. Az x mentén történő elfordulása nem került rögzítésre, ezt „-1” értékkel jelöltem. Az x tengely menti

elfordulására a szimulációs adatok vannak. Az y tengely menti elfordulását jól követi mindkét modell. Arányaiban a z tengely menti elfordulásában van a legnagyobb eltérés, amely szintén csekély.

Mindkét modell jól közelíti a mért adatokat. A torzultság figyelembevétele nagyobb bizonytalanságot vinne a későbbi célzásba, mint amennyivel javítaná a pontosságot, így a szimmetrikus modell alkalmazása a célszerűbb. A rugalmasabb polimer tollak torzultságából származó bizonytalanságot masszívabb, például nylon tollak, alkalmazásával célszerű kiküszöbölni. A szimmetrikus modellre a 4. ábra tartalmazza az átlagos hiba értékeket és 95 %-os megbízhatósági tartományt a 7 mozgásmintát vizsgálva.



4. ábra Az egyes szabadsági fokok mentén vett eltérések felső közelítésének átlaga és a korrigált tapasztalati szórásukból számított ~95,45 %-os megbízhatósági tartomány

Az egyes mozgásminták átlagosan 100 mérési pontot tartalmaznak, amelyekben 5 szabadságifok került rögzítésre. A szimmetrikus modell a 2. ábrán bemutatott eredményekhez hasonlóan teljesített a további mozgásmintákon is.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az előadó részvételét az OGÉT 2020 konferencián az NTP-HHTDK-19-0068 azonosítójú, „A hazai Tudományos Diákköri műhelyek és rendezvények támogatása” pályázat támogatta. Továbbá szeretnék köszönetet mondani Dr. Budai Csabának, a dartsozó robot projekt felelősének, Dr. Botzheim Jánosnak a gépi tanuláshoz nyújtott segítségével és Urbin Ágnesnek a kamerás mérésekhez nyújtott segítségével.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] D.J. Burke, M.R. Yeadon: A comparison of compensation for release timing and maximum hand speed in recreational and competitive darts players, 27th International Conference on Biomechanics in Sports Limerick, 2009
- [2] M. Venkadesan, L. Mahadevan: Optimal strategies for throwing accurately, Royal society publishing, 2017, 4/4
- [3] D. James, J. Potts: Experimental validation of dynamic stability analysis applied to dart flight, Sports Engineering, 2018, 21/4, 347–358
- [4] J. U Schlüter: Aerodynamic study of the dart paper airplane for micro air vehicle application, SAGE Journals, 2013, 228/4
- [5] T. Lajos: Az áramlástan alapjai, Veba Bt., Budapest, 2015
- [6] R. C. Gonzalez, R. E. Woods: Digital Image Processing, 2. kiadás, Prentice Hall, New Jersey, 2002
- [7] T. Bräunl, S. Feyrer, W. Rapf, M. Reinhardt: Stereo Image Processing, Springer, Berlin, 2001
- [8] J. Botzheim: Intelligens számítástechnikai modellek identifikációja evolúciós és gradiens alapú tanuló algoritmusokkal, PhD. értekezés, BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszék, 2007
- [9] J. Botzheim, L. Gál, T. L. Kóczy: Fuzzy Rule Base Model Identification by Bacterial Memetic Algorithms, Springer, Berlin, 2009