

# **RobonAUT – Autonóm robotok versenye a BME Villamosmérnöki és Informatikai Karán**

## **RobonAUT – Autonomous Robotics Contest at the BME Faculty of Electrical Engineering and Informatics**

*KISS Domokos, Dr. CSORBA Kristóf, KOVÁCS Viktor, Dr. TEVESZ Gábor*

Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék,  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
1117 Budapest, Magyar Tudósok körútja 2. Magyarország  
{kiss.domokos, kristof, kovacs.viktor, tevesz}@aut.bme.hu

### **Abstract**

*This paper presents the RobonAUT autonomous mobile robotics contest organized by the Budapest University of Technology and Economics, Department of Automation and Applied Informatics. The aim of this contest is to offer electrical engineering students involved in our master's program an opportunity to apply their knowledge to solve a real-world engineering task, to participate in a challenge together with others and to have fun at the same time. Students are required to build autonomous robotic vehicles based on provided parts and tools, which are capable to go along a path indicated by a continuous line on the ground and to perform several tasks along the way.*

### **Összefoglaló**

*Cikkünkben bemutatjuk a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszéke által szervezett RobonAUT autonóm mobilrobot-versenyt. A verseny célja, hogy a villamosmérnöki mesterképzésben résztvevő hallgatóinknak órarenden kívüli lehetőséget biztosítsunk arra, hogy az elméletben tanultakat a gyakorlatba átültetve kipróbálják magukat eljövendő szakmájukban, összemérjék tudásukat és elszántságukat, és mindeközben jól szórakozzanak. A hallgatók feladata olyan robotjárművek kifejlesztése egy előre kiadott eszközkészletből kiindulva, amelyek autonóm módon képesek végighaladni egy előre nem ismert akadálypályán, minél több részfeladatot teljesítve útjuk során.*

### **Kulcsszavak:**

Autonóm mobil robotok, robotverseny, robotika az oktatásban, mikrokontrolleres irányítás

## **1. BEVEZETÉS**

A RobonAUT [1, 2] a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszéke (Villamosmérnöki és Informatikai Kar) által megrendezett robot konstrukciós verseny. A megmérettetésre a villamosmérnöki mesterképzésben résztvevő hallgatók jelentkezhetnek, akiknek háromfős csapatokat alkotva olyan autonóm mobil robotokat kell kifejleszteniük, amelyek képesek végigjutni egy előre nem ismert akadálypályán. A pálya nyomvonalát alapvetően egy vezetővonal jelöli ki, de a vonalkövetés mellett a robotoknak különböző plusz akadályokat is le kell küzdeniük, és opcionális extra feladatokat is megoldhatnak.

A RobonAUT tulajdonképpen egy egész szemeszteren végighúzódnó hallgatói projekt. Közvetlenül kapcsolódik a tanszéken oktatott „Robotirányítás rendszertechnikája” c. tantárgyhoz. A legjobb eredményt érkező siker és a tanulmányi teljesítménybe való beszámítás is honorálja. A versenykiírást az őszi félévekben tesszük közzé, a versenyfutamokat januárban, a vizsgaidőszakban tartjuk. A félév során a résztvevők folyamatos munkájára van szükség ahhoz, hogy a végső megmérettetésen sikert érjenek el. Az lesz a győztes, aki a legkifinomultabban működő, gyors és pontos irányítással szereli fel robotját, és így a legtöbb pontot szerzi a mindent eldöntő futamokon.

Az oktatás és kutatás motiválását megcélzó robotversenyek egyre jobban terjednek világszerte, de hazánkban is egyre ismertebb a fiatal tehetségek szakmai fejlődésének ilyen formájú elősegítése. Az egyik legismertebb és már mintegy másfél évtizede megrendezésre kerülő nemzetközi robotverseny a RoboCUP robotfoci bajnokság [3]. Ez a kezdeményezés a robotok konstrukciója mellett nagy hangsúlyt fektet a több ágens kooperációjára és a csapatstratégiák kifejlesztésére. A „Semantic Robot Vision Challenge” [4] az autonóm robotokban alkalmazott gépi látásra és objektum felismerésre fókuszál. További példaként említhetjük az európai „Robot Challenge” versenyt [5], vagy az IEEE által évenként megrendezett „IEEE International Conference on Technologies for Practical Robot Applications” rendezvényt [6]. Magyarországon sem példa nélküli a robotversenyek szervezése, egyik legismertebb a 2006 óta évenként megrendezett Magyar Alkalmazott Mérnöki tudományok Versenye („Magyarok a Marson”) [7].

Az első RobonAUT versenyt a 2009–2010-es tanév őszi félévében hirdettük meg. Az alapötletet tanszékünk egy régebbi hagyománya adta. 2003 óta működik itt egy robotépítő csapat, amely megalakulása óta kisebb kihagyásokkal szinte minden évben részt vett a nemzetközi Eurobot versenyen [8, 9]. Ahogyan az Eurobotra készített szerkezetek a különböző tanszéki bemutatókon mind nagyobb érdeklődésre tartottak számot, felmerült az ötlet, hogy szervezzünk egy, az Eurobothoz hasonló, de méreteiben és feladatában kisebb ívű versenyt. Így kezdődött a RobonAUT története, és azóta egyre növekvő érdeklődésnek örvend mind a hallgatók, mind a külső érdeklődők körében.

A verseny elsődleges célja, hogy motiválja a villamosmérnök hallgatók szakmai fejlődését egy érdekes és komoly kihívást jelentő feladaton keresztül, megadva a szükséges eszközöket és támogatást ahhoz, hogy elkészítsenek egy saját autonóm robotot. Ugyanakkor úgy gondoljuk, hogy ez kiváló lehetőség az elméletben tanultak gyakorlatba való átültetésére, a különböző ismeretek komplex egységben való alkalmazására.

Amellett, hogy a RobonAUT egy szakmai kihívás és egy verseny, más szemszögből nézve nem más, mint egy nagyon jó játék. Robotokat építeni, amelyek ide-oda közlekednek, akadályokat kerülnek ki, labdákat gyűjtenek, gyorsulnak, fékeznek és parkolnak, rendkívül szórakoztató. Természetesen – főleg a fejlesztés kezdeti fázisaiban – előfordul, hogy a robotok eltévednek, „átrendezik” a tesztpályát, egy-egy ütközés során elhagyják szenzoraikat, vagy akár darabokra hullanak. Azonban ahogy telik az idő, a verseny előtti utolsó napokra a hibákat egyre inkább sikerül kijavítani, és a robotok többsége jól szerepel a végső futamokon.

A következőkben ismertetjük a legutóbbi, 2012-es verseny szabályait. Ezek után, a 3. fejezetben a verseny szervezésével és lebonyolításával kapcsolatos részleteket és tapasztalatokat foglaljuk össze. A legizgalmasabb fejlesztési részfeladatokat és a legérdekesebb megoldásokat a 4. fejezetben mutatjuk be.

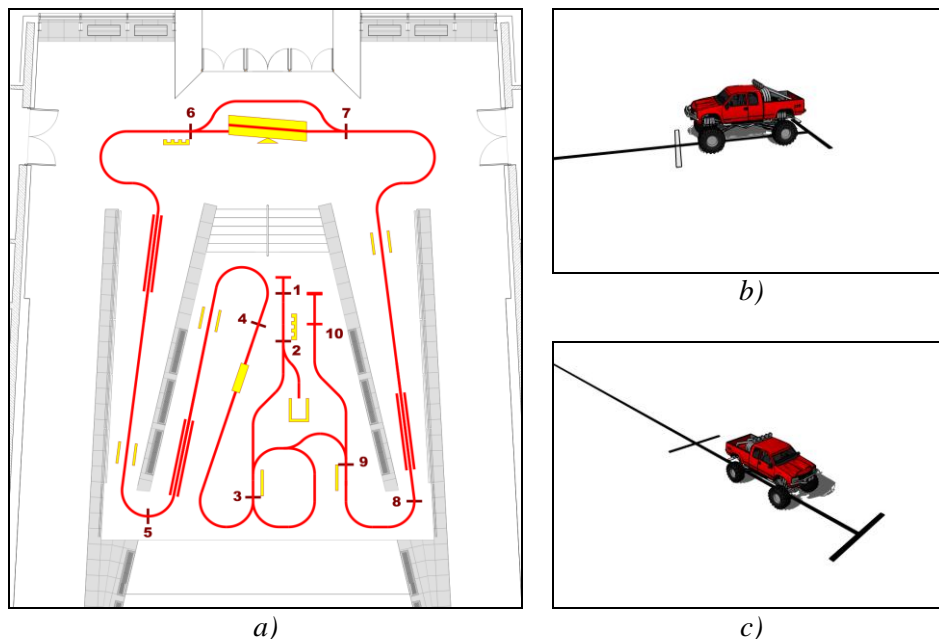
## **2. VERSENYKIÍRÁS ÉS SZABÁLYOK**

2012 januárjában már harmadik alkalommal rendeztük meg a RobonAUT versenyt. Bár az alapfeladat – a vonalkövetés – mindeddig azonos volt, igyekszünk évről-évre valamilyen újítást bevezetni. Míg az első évben láncaltapas járművekkel kellett ping-pong labdákat szállítani egy kisebb kiterjedésű pályán, 2011-ben „hagyományos” négykerekű autók száguldoztak egy sokkal kiterjedtebb útvonalon, legújabb egyetemi épületünk aulájában. A járművek és a pálya mérete a 2012-es versenyben ehhez nagyon hasonlóak voltak, viszont változott a teljesítendő pályaelemek összetétele. Ebben a fejezetben a 2012-es versenyszabályokat részletezzük.

A versenyen résztvevő robotoknak teljesen autonóm módon kell működniük. Egy-egy futam elején a csapatoknak 3 percük van arra, hogy a járművet menetkész állapotba hozzák. Ezután csak az egyik csapattag maradhat a játéktéren, ő indítja egy starthuzal kirántásával a robotot. Ezután a robothoz hozzáérni alapvetően nem szabad. Ha letévedne a pályáról, pontlevonásért cserébe visszahelyezhető, de legfeljebb öt alkalommal. A pálya végén a robotnak meg kell állnia a célmezőben, a maximális 5 perces időkeret lejártá előtt.

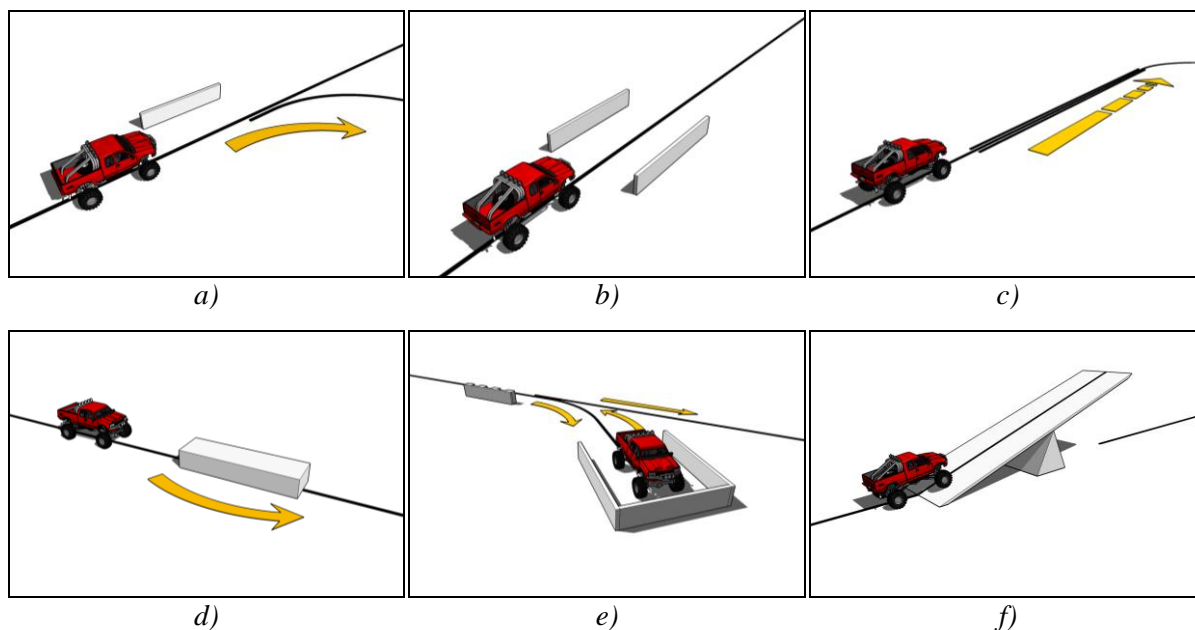
A 2012-es versenypálya nyomvonalát az 1.a ábrán láthatjuk. A pálya a következő elemekből épül fel, amelyek méretei pontosan megtalálhatók a szabályzatban, de egymás utáni sorrendjük és a pálya pontos felépítése a csapatok számára előre nem volt ismert:

- *Vezetővonal.* Egy hagyományos, fekete színű szigetelőszalagból leragasztott csík jelöli ki a nyomvonalat. A pálya alapvetően vízszintes, sík terepen helyezkedik el, de enyhe emelkedők és lejtők is előfordulhatnak benne. A vonal mellett oldalirányban 50cm-en belül, érintőirányban 1 méteren belül nem lehet egyéb, zavaró akadály.
- *Start- és célmező (1.b és 1.c ábra).* A pálya elejét és végét jelölik. A célmezőben a robotnak meg kell állnia úgy, hogy vagy a két fekete keresztvonal egyikét takarja, vagy a kettő között legyen. Ha a robot túlfut a lezáró ponton, az pontlevonással jár.
- *Ellenőrzőpontok.* A robot az útja során ellenőrzőpontokon halad át. Abban az esetben, ha letéved a vezetővonalról, a legutóbb teljesített ellenőrzőponthoz helyezhető vissza. A startmezőt lezáró, legelső ellenőrzőpont az 1.a ábrán látható.
- *Elágazás (2.a ábra).* A vezetővonal mellett egy másik vezetővonal jelenik meg, és innentől kezdve két irány lehetséges, vagy tovább az eredeti vonalon, vagy elágazva tőle, a másik vonalon. Nincs kitüntetett oldal, vagyis jobb, ill. baloldalon is megjelenhet az új vonal. Az eredeti vonalon továbbhaladó irány kerülőútra visz, míg a leágazó irány a pálya rövidítésére ad lehetőséget. A döntés megkönnyítése érdekében a leágazó iránnyal szemközti oldalon egy, az egyenes pályaszakasszal párhuzamos fal található. A fal érzékelése esetén biztosan kiválasztható a rövidebb út.
- *Gyorsasági szakasz.* Hosszú, egyenes vonalszakasz, amely lehetőséget ad nagyobb haladási sebességek elérésére is. A gyorsasági szakasz elejét mindkét oldalon elhelyezett falak jelzik (2.b ábra). A szakasz vége előtt a vezetővonal mellett további két párhuzamos vonal jelenik meg, amelyek arra figyelmeztetnek, hogy a biztonságos továbbhaladáshoz célszerű lassítani (2.c ábra). Mivel a robotépítéshez biztosított autómódellek akár 30-40 km/h sebesség elérésére is alkalmasak, és a pontszámításba az időeredmény is beleszámít, ennek kihasználása jelentős előnyhöz juttathatja a csapatokat.
- *Úttorlasz (2.d ábra).* Ennél a pályaelemnél egy téglatest alakú akadály állja útját a robotnak, amelyet a továbbhaladás érdekében ki kell kerülni, vagyis az akadály érzékelésekor le kell térni a vezetővonalról, az akadály mellett el kell haladni, majd vissza kell térni a vonalra.
- *Garázs (2.e ábra).* Opcionális feladatként – értékes plusz pontokért cserébe – be lehet parkolni egy garázsba, majd vissza kell tolatni az eredeti vonalra. A garázs falait nem szabad érinteni.
- *Híd (2.f ábra).* A szintén opcionális feladatként teljesíthető híd nem más, mint egy libikóka, amely a rajta való áthaladás közben a robot saját súlyától átbillen. A feladatot nehezíti, hogy a híd kezdeti állapotában nem a megfelelő irányba dől (egy elektromágnes rögzíti ellenkező irányban), azt az



1. ábra

a) A 2012-es pálya nyomvonala, b) Startmező, c) Célmező



2. ábra

a) Elágazás, b) Gyorsasági szakasz kezdete, c) Gyorsasági szakasz vége,  
d) Úttorlasz, e) Garázs, f) Híd

áthaladás előtt át kell billenteni. Ennek módja a parkolási feladat sikeres teljesítése. Ugyanis a parkolási manőver hatására a híd automatikusan a megfelelő irányba billen át, és ezzel lehetővé válik a rajta való áthaladás. A híd teljesítése pontos vonalkövetést és jó sebességszabályozást igényel, ugyanis a sík terepen alkalmazott motornyomaték tipikusan nem elegendő a meredek emelkedőre való felkapaszkodáshoz – amely ráadásul félúton lejtővé billen át. Mindkét opcionális feladat egy-egy leágazó pályaszakaszon található, a leágazásoknál az extra feladatokhoz vezető irányt bordázott falak jelölik.

### 3. SZERVEZÉS ÉS LEBONYOLÍTÁS

A 2012-es versenyre jelentkező csapatoknak a következő eszközök és erőforrások álltak rendelkezésükre a feladat megoldásához:

- Egy darab elektromos, rádió-távírányítású modellautó
- Egy darab STMicroelectronics gyártmányú VLDiscovey fejlesztőkártya, amely egy ARM Cortex M3 magos mikrokontrollert és a hozzá szükséges ST-Link in-circuit programozót és debuggert tartalmazza
- Egy előre meghatározott költségkeret a fejlesztés során felmerülő gyártási és alkatrész beszerzési költségek fedezésére

A szemeszter során a fejlesztési és összeszerelési munkálatok elvégzéséhez a hallgatók igénybe vehetik a tanszéki laborokat. A laborokban mindenféle munkafolyamathoz megtalálhatók a megfelelő eszközök (kéziszerszámok, forrasztópákák, mérőműszerek). A laborokhoz való hozzáférés lebonyolítását és nyilvántartását egy online időpont foglalási rendszer segíti.

Az egyes részfeladatok időben történő befejezését elősegítendő, egy ajánlott féléves ütemtervet tettünk közzé a hivatalos versenyszabályzatban. A felmerülő kérdések megvitatására igény szerint lehetőség van a szervező oktatókkal való konzultációkra. Emellett a csapatok előrehaladását „seregszemlék” szervezésével is igyekszünk ösztönözni. Ezekre a rendezvényekre az összes csapatot meghívjuk, ahol bemutatathatják, ki hol tart a fejlesztésben, megvitathatják kérdéseiket és észrevételeiket, tanácsokat gyűjthetnek és adhatnak.

Amint korábban már említettük, a kiosztott eszközök mellett a hallgatóknak van egy szabadon felhasználható költségkeretük, amelyből például a további alkatrészek beszerzését finanszírozhatják. A

választás megkönnyítése érdekében tettünk néhány javaslatot többek között a következő szenzorok használatára:

- Vishay CNY70 reflexiós optokapuk
- Sharp infravörös távolságmérő szenzorok 4–30 cm és 20–150 cm-es érzékelési tartományban
- Parallax PING))) ultrahangos távolságmérő szenzor max. 3 m-es érzékelési tartománnyal
- STMicroelectronics digitális gyorsulásmérők és giroszkópok

A fenti eszközök ajánlásait, valamint a korábbi évekből származó jó néhány tapasztalatot és tanácsot egy külön dokumentumban foglaltuk össze, és így tettük közzé a versenyzők számára.

## **4. MEGOLDÁSOK**

Ebben a fejezetben összefoglaljuk a legérdekesebb megoldásokat, problémákat és tapasztalatokat az elmúlt évek versenyeivel kapcsolatban. A 2012-es versenyben 12 robot állt rajthoz, ebből 7-nek sikerült célba is érnie. A tapasztalat azt mutatja, hogy az opcionális feladatok megoldását viszonylag kevés csapat vállalta fel.

Legtöbb megoldásnál a vonalérzékelés reflexiós optokapukra alapult. Ezekből egy vagy több sornyt tettek a robot alá, így a vonal pozíciója, vagy akár szöge is mérhető volt az autó alatt. Ez alapján adott sebességnél a kormánysszög pl. egy egyszerű PID szabályozó algoritmussal úgy állítható, hogy a vonal folyamatosan az autó alatt, középen maradjon.

A pálya speciális elemei viszonylag könnyen megkülönböztethetők a jelölőik (pl. különböző falak) alapján, így a legtöbb csapat külön programrészeket implementál az egyes szituációk kezelésére. Ilyenkor az egyes helyzetek beazonosításakor különböző „üzemmódokba” kerül a végrehajtás.

### **4.1. A legnehezebb feladatok**

Az eredmények alapján az egyszerű vonalkövetés nem okozott nagy gondot a csapatoknak. Viszont a pálya enyhén emelkedő és lejtős szakaszain többen komoly problémákba ütköztek. Azokat a csapatokat érintette ez, amelyek nem alkalmaztak sebességszabályozást a robotjukban. A problémát az jelentette, hogy a sík terephez beállított fix motorvezérlés az emelkedőn túl kicsi sebességet eredményezett, ugyanakkor a lejtőn túlzottan megnőtt a sebesség, ami a kormánysszög-szabályozást instabillá tette. Ilyenkor a robot oscillálni kezdett a vonal körül, és végül elhagyta azt (nekicsapódva a falnak). Ez a probléma még hangsúlyozottabban felmerült a hídon való áthaladásnál, emiatt az előző évi tapasztalatokra alapozva a csapatok figyelmét külön felhívtuk a sebességszabályozás fontosságára.

A gyorsasági szakasz lehetőségét több csapat is kihasználta. Voltak azonban olyanok is, akik egyáltalán nem gyorsítottak fel a hosszú egyenes szakaszon. Ezt okozhatta a kétoldali fal felismerésének hiánya, de sok esetben szándékosan döntöttek így a csapatok a biztonságos haladás érdekében. Ellenpéldaként említhetjük azokat az eseteket, amikor egyes robotok felgyorsítottak, de a szakasz végére figyelmeztető tripla vonalat nem, vagy csak későn vették észre. Így nem tudtak kellően lelassítani, és a következő kanyar bevétele helyett a közönségben landoltak.

A legnehezebb kötelező feladatnak számító úttorlasz kikerülését meglepően sokan abszolvták. Csupán néhány robot volt, amely kikerülés helyett eltolta az úttorlaszt. Mivel a torlasz alakja és méretei előre adottak voltak – egyedül a hosszára nem adtunk meg pontos adatot, csak minimum és maximum értékeket –, többen rögzített mozgólatsort használtak az akadály kikerülésére és a vonalra való visszatérésre. Lehetett látni olyan megoldásokat is, amelyek az oldalsó távolságérzékelők segítségével pontosan követték az úttorlasz oldalfalát.

Az opcionális parkolási feladatot viszonylag kevesen oldották meg. Akik megpróbálkoztak vele, általában sikeresen végre is hajtották a beállást és a kitolást. A fejlesztéseket figyelve erre alapvetően két megoldást láttunk. Egyrészt egy hátsó vonalérzékelő szenzorsor használatát, másrészt az elágazástól a garázsig vezető mozgólatsor rögzítését és visszajátzását.

### **4.2. Érdekes megoldások**

Általában véve az volt a tapasztalat, hogy azok a robotok voltak sikeresebbek, amelyek kevesebb dolgot tudtak megoldani, de azt megbízhatóan. Ugyanakkor hozzá kell tennünk, hogy a győztes szerkezet minden feladatot megoldott. Általános észrevétel, hogy több hiba-felismerési és

kezelési képességgel kellett volna felruházni a robotokat. Voltak olyan helyzetek, amikor egy-egy robot teljesen összezavarodott, valószínűleg azért, mert helytelenül ismerte fel az aktuális pályaelemet, ezért egy másik szituációhoz tartozó akciót próbált végrehajtani, de azt nagyon következetesen, annak ellenére, hogy a beérkező szenzoradatok alapján a hiba felismerhető lett volna. Cikkünk végén néhány különleges és egyedi hardver megoldást szeretnénk bemutatni:

- *Vonalérzékelés vonalkód olvasóval.* A legelső, 2010-es versenyen volt egy csapat, amely a reflexiós szenzorsor helyett egy hagyományos kézi vonalkód leolvasót alkalmazott a vonal érzékeléséhez. Ennek előnye, hogy nem csak közvetlenül a robot alatt, hanem akár több centiméterrel előtte is felismerhető a vonal, sőt jóval nagyobb felbontás érhető el, így a vonal érzékelt szélességéből annak szögére is következtetni lehet.
- *Többssoros vonalérzékelés.* Egy másik hasznos ötlet volt a több, párhuzamos szenzorsor használata. Többen is alkalmazták ezt a megoldást, volt, aki a robot elején és hátulján, de olyan is, aki az első kerekek előtt és után helyezett el CNY70-es sorokat. Ennek segítségével két ponton szerezhető információ a vonalról, így annak szöge meghatározható, ami sokkal pontosabb szabályozást tesz lehetővé.
- *Kamerás okostelefon használata.* A 2012-es versenyre készülő csapatok egyike egy Android operációs rendszert futtató okostelefont szerelt a robot elejére. A kameraképen egy képfeldolgozó algoritmussal keresik meg a vonalat, és ez alapján állítják be a kormánysszöveget. Ennek a megoldásnak nagy előnye, hogy a kameraképen nem csak a vonal jelenlegi pozíciója látható, hanem a későbbi alakulása is, így a robot távolabbra tud előretekinteni, mint a „hagyományos” megoldások esetén.

## 5. ÖSSZEGZÉS

A RobonAUT verseny 2012-ben már harmadik alkalommal került megrendezésre. Az eddig lezajlott rendezvények sikeresnek mondhatók, és a külső érdeklődés is egyre növekvő tendenciát mutat. A versenyzőktől kapott visszajelzések alapján elmondható, hogy sikerült elérnünk a verseny fő célját: a hallgatók egy komoly kihívást jelentő és érdekes szakmai feladatnak tartják a versenyen való részvételt. Az elkészült robotokon látott – alapvetően nem szakmai – megoldások, úgymint látványos és mulatságos karosszériák, színes hangulatvilágítások, vagy akár hangeffektek, mind azt mutatják, hogy a résztvevők a szakmai ismereteken túl játékos kedvüket és humorukat is belevitték az elkészült alkotásokba. Összességében elmondhatjuk, hogy bár nagyon sok erőfeszítéssel jár egy ilyen fejlesztési folyamat, a résztvevők többsége sikerrel veszi az akadályokat, és a RobonAUT egy hasznos és jó hangulatú színfoltja lett a BME villamosmérnöki képzésének, és talán a magyar műszaki életnek is.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka szakmai tartalma kapcsolódik az „Új tehetséggondozó programok és kutatások a Műegyetem tudományos műhelyeiben” c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását a TÁMOP - 4.2.2.B-10/1–2010-0009 program támogatja.

## HIVATKOZÁSOK

- [1] A RobonAUT verseny hivatalos honlapja, <http://robonaut.hu/>
- [2] Csorba Kristóf, Varga Dániel, Tevesz Gábor, Vajk István, „The RobonAUT Autonomous Mobile Robot Construction Contest”, Proceedings of the 9th IFAC Symposium on Advances in Control Education (ACE2012). Nizhny Novgorod, Oroszország, 2012, pp. 1-6.
- [3] RoboCUP Robot Soccer World Cup, <http://www.robotcup.org/>
- [4] Semantic Robot Vision Challenge, <http://www.semantic-robot-vision-challenge.org/>
- [5] Robot Challenge, <http://www.robotchallenge.org/>
- [6] 4th Annual IEEE International Conference on Technologies for Practical Robot Applications, <http://www.ieerobot-tepra.org/>
- [7] Magyar Alkalmazott Mérnöki Tudományok Versenye („Magyarok a Marson”), <http://www.magyarokamarson.hu/>
- [8] Az Eurobot verseny hivatalos honlapja, <http://www.eurobot.org/>
- [9] Kiss Domokos, Varga Dániel, Vékony Dávid, Tevesz Gábor, “Navigation and Control Systems of an Autonomous Robot Developed for the Eurobot 2007 Contest,” Proceedings of the Eurobot Conference 2008, Heidelberg, Németország, 2008, pp. 144–156.