



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Mérnöki Intézet

DIPLOMAMUNKA

Színelapú robotirányítás

OE-AMK

2024

Györök András György

T001471/FI12904/A-M



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Mérnöki Intézet

DIPLOMAMUNKA FELADATLAP

Hallgató neve: Györök András György

Diplomamunka száma: SZD2307051146299014

Törzskönyvi száma: T001471/FI12904/A-M

Neptun kódja:

Szak: mechatronikai mérnöki

Specializáció:

A dolgozat címe: Színalapú robotirányítás

A dolgozat címe angolul: Colour Based Robotic Controlling

A feladat részletezése:

A feladat lényege egy olyan robot vezérlése és modellezése, mely a külső fényforrásból származó színeket, illetve különböző színű felületeket megkülönbözteti és azok változását feldolgozva tervezi meg útirányát. A fény alapú lokalizáció, a fénnel való mobilrobot irányítás, a színek megkülönböztetése, a robot mozgásának összefüggései mind a dolgozat részét képezik.

A mobil robotok fénnel való irányítása és tájékozódásának segítsége számos gyakorlati vonatkozással bír, ipari környezetben is alkalmazható alternatívát jelent.

Intézményi konzulens neve: Dr. Udvardy Péter

A kiadott téma elévülési határideje: 2026. 07. 10.

Beadási határidő: 2024. 05. 15.

A diplomamunka: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2024. 03. 20.



P. Udvardy
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2024. 05. 15.

[Signature]
belső konzulens

[Signature]
külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Mérnöki Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Györök András György hallgató kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Székesfehérvár, 2024. május 21.

.....
hallgató aláírása

1. TARTALOMJEGYZÉK

1.	Tartalomjegyzék	4
1.	BEVEZETÉS	1
2.	A LEGO robotok	2
2.1	A Központi Egység	2
2.2	Motorok.....	4
2.3	Érzékelők.....	5
3.	A LEGO MINDSTORMS EV3 szoftver.....	8
3.1	Programozási blokkok, a szoftver alapelemei.....	9
3.2	A LEGO Mindstorms EV3 szoftver alapelemei	9
3.3	Programozás saját szoftverrel	10
4.	Matlab és Simulink szoftver környezet	12
5.	AZ RGB technika	15
5.1	Fényforrások	16
5.2	Fény, és színérzékelők	19
6.	A helymeghatározás.....	23
6.1	Kültéri lokalizáció:.....	23
6.2	Beltéri lokalizáció.	24
7.	Robotirányítás és biztonságtechnika.....	28
8.	A FELadat Megvalósítása	30
8.1	Mesterséges ipari környezet emulálása	32
8.2	Prototípus berendezés tesztelése	43
9.	Összefoglaló.....	56

10. Summary.....	57
11. Irodalomjegyzék	58
12. Ábrajegyzék	60

1. BEVEZETÉS

A robotika fejlődésével egyre nagyobb igény fogalmazódik meg arra vonatkozóan, hogy a környezeti interakciója egy-egy intelligens eszköznek a lehető legnagyobb legyen. Különösen igaz ez olyan kollaboratív kooperatív robottechnikáknál, amikor valós személylyel, kezelővel egy munkatérben kell a robotnak a dolgoznia.

Környezeti információk nem csak egy-egy objektum pontos meghatározását jelenti, hanem számos esetben az objektumról nyert képi, illetve színinformáció az, ami bemenő paramétereként fogalmazódik meg. A robotvezérlés is napjainkban a lehető legtöbb bemenő paramétert feltételezi. A robotok környezetbe illesztésének körültekintő kialakítása hallatlanul fontos, nem csak vezérlési, de biztonságtechnikai kérdéseket is felvet.

Az emberi agy közel 60%-a képi adatokat tartalmaz, amelynek egy bizonyos része színinformáció. Ha a robotot humán konform módon szeretnénk kezelni, igen előnyös lenne a színinformációk kezelésének, mint bemenő paraméternek a megvalósítása is. Ilyen bemenő paraméter nem csak a robot saját „döntését” tudja támogatni, hanem olyan vezérlő paraméter is lehet, amely akár a robot útvonalát, a robot mozgását, a trajektóriák kialakítását is eldöntheti, a pontos térbeli koordináták alapján. Erre nyilvánvalóan alkalmas a képfeldolgozás egy-egy kamerarendszerrel, azonban jelentős eredményeket adhat jóval egyszerűbb színérzékelő szenzorok alkalmazása, amely jól meghatározott spektrumfüggő kimeneteket keletkeztethet.

A dán LEGO –nyilvánvalóan piaci részesedésének növelése, megtartása miatt- idejében váltott és olyan alkatrész, építőelem-környezetet kínál, amely bőven nem játék, hanem valós fejlesztői, kísérleti környezet. Dolgozatomban ebből építkezve kívánom bemutatni eredményeimet.

2. A LEGO ROBOTOK

A robot a szláv eredetű „rabota”, szóból ered, jelentése, munka, szolgamunka. A robot tulajdonképpen egy elektromechanikai szerkezet, mely előzetes programozás, „tanítás” alapján képes számtalan feladat végrehajtására, melyt számítógép, vagy ember vezérlése alapján is végrehajthat. Általában nagy fizikai erőt, vagy egyhangú, mégis precíz munkát igénylő feladatok végrehajtására használják, akár az ember számára veszélyes környezetben, az ember helyettesítve. A robotokat, ma már az ember bizonyos munkafázisainak pótlására, valamint a hadiparban is alkalmazzák.

A robotoknak, fejlesztésben, modellezésben a LEGO robotnak is számos felhasználási területe van, mind az iparban, gyógyászatban, oktatásban, kutatásban.

A LEGO robotokkal már egészen kis korban érdemes ismerkedni, így az óvodás korúak is találkozhatnak már, az algoritmus, a robot, a program, vagy a döntési fa fogalmával. A robotok programozásával, az érzékelők megfelelő használatával, a robotunknak számtalan utasítást adhatunk, és ezek segítségével, akár a mesterséges intelligenciát, a szabad akaratot is szimulálhatjuk, csak rajtunk múlik, hogy a gépünket, milyen tulajdonságokkal vétezzük fel. Ezek a tulajdonságok szimulálhatnak, hiperaktivitást, érdektelenséget, örömet, kedvességet, sérülést. A hiperaktív robot megállás nélkül megy előre, amíg az első szenzorra nem érzékel akadályt (ez bármi lehet, egy fa, egy asztal, egy fal, de akár egy másik, éppen mozgásban lévő robot is), itt egy véletlen generátor kisorsolja, hogy a gép, jobbra-, vagy balra forduljon, majd, folytatja az útját, a végtelenségig.

Feladatom megoldásához magam is a LEGO környezetet fogom alkalmazni.

2.1 A Központi Egység

A központi (2-1. ábra) egység a LEGO robotok kardinális része, mind a Mindstorms robotok, mind más LEGO robotikai rendszereknek, és a robotok tervezésében, programo-

.



2-1. ábra „Intelligens téglá” a központi egység [2]

A Mindstorms¹ LEGO esetében az „intelligens kocka”, vagy „intelligens központ” nevet kapta a központi egység. Más-más verziókban különböző nevet visel.

A központi egység felelős a programok futtatásáért, a kommunikációért a szenzorokkal és motorokkal. A központi egység általában rendelkezik csatlakozókkal, továbbá lehetőséget biztosít a külső eszközökkel történő kommunikációra, valamint a saját kezelői felületén keresztül személyes interakcióra.

¹ Mindsorms: elmevihar, elmeroham, „agymenés”



2-2. ábra Nagy szervomotor [2]

2.2 Motorok

EV3 Nagy Motor (2-2. ábra): Ez egy nagy forgató nyomatékkal rendelkező erős motor, mely általában a robot, lábai, vagy karjai mozgatásáért felel (EV3 Large Motor).

EV3 Kicsi Motor (2-3. ábra): Ez egy kisebb méretű motor, melyet általában kisebb karkok, tartozékok, fogaskerekek, mechanizmusok használatára, mozgatására alkalmaznak (EV3 Medium Motor).



2-3. ábra Közepes szervomotor [2]

EV3 Szervo motor: Ez egy olyan sajátos motor, mely pontos pozicionálást tesz lehetővé, kis terhelések finom mozgására, vagy szervo rásegítésként alkalmazzuk. (EV3 Servo Motor, szervomotor)

2.3 Érzékelők

Érintés érzékelő (2-4. ábra): Kapcsoló (kontaktus) alapú érzékelő, ütközésetektálást végezhet (Touch Sensor).

Színérzékelő: Képes felismerni különböző színeket, és különböző árnyalataikat (Color Sensor).

Ultrahangérzékelő: Ultrahangos érzékeléssel távolságot mér (Ultrasonic Sensor).

Gyorsulás és perdület, elfordulás mérő giroszkóp (2-5. ábra) Ez egy három dimenziós érzékelő, amely érzékeli a 3D-s irányt, a gyorsulást, származtatott mennyiségként a pozíciót, és egyáltalán a mozgást (Accelerometer and Gyroscope).



2-4. ábra Érintés érzékelő [2]



2-5. ábra Gyorsulás és perdület (elfordulás) érzékelő [2]

IR érzékelő (2-6.): Infravörös távirányító jelét veszi, ami lehetővé teszi a robotunk távirányítását, és vezérlését (IR Remote control).



2-6. ábra Infra érzékelő [2]



2-7. ábra Infravörös érzékelő [2]

Infravörösérzékelő (2-7. ábra): Infravörös fény segítségével, lehetővé teszi a környezetben levő tárgyak észlelését. Infravörös fényt² bocsát ki, és a távolság-fényintenzitás érzékelését végez (Infrared Sensor).

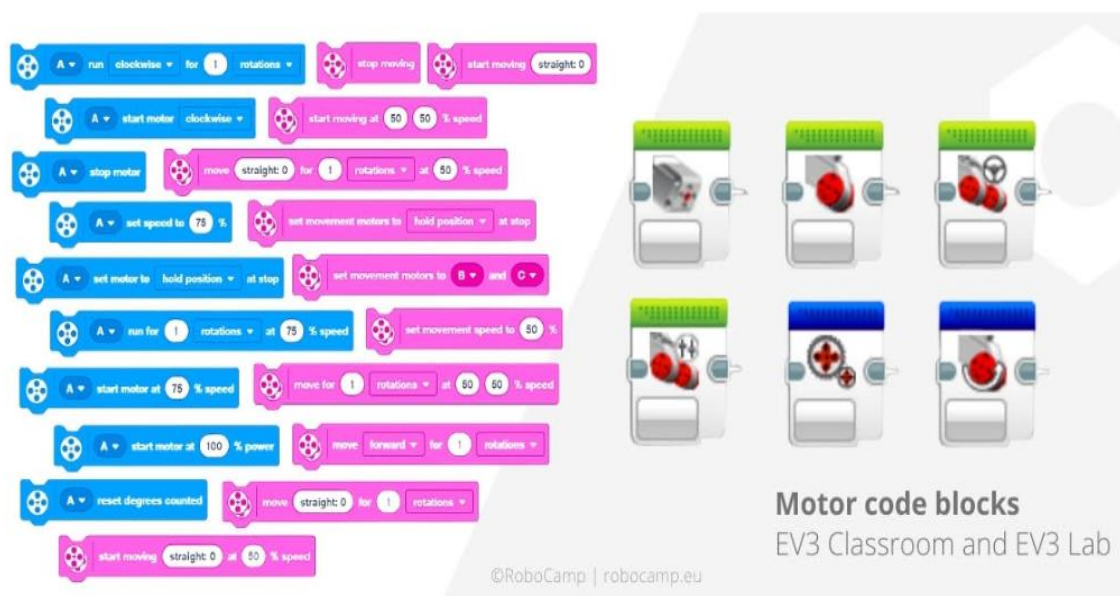
² 780nm hullámhosszúságú infra LED, mint jeladó

3. A LEGO MINDSTORMS EV3 SZOFTVER

A LEGO MINDSTORMS EV3 szoftver egy olyan eszköz, amely lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy programozzák és a fejlesztett programmal vezéreljék az aktuálisan létrehozott robotokat. A szoftver környezetkülönböző eszközökre elérhető, beleértve a Windows és Mac operációs rendszereket, valamint a mobil eszközök iOS és Android változatait is.

A szoftver egy könnyen elsajátítható, „szerethető” grafikus programozási környezetet biztosít, amely lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy egyszerűen hozzanak létre programokat. A programozás *drag-and-drop* módszerrel történik (3-1. ábra), ahol a felhasználók különböző blokkokat helyezhetnek el és kapcsolhatnak össze, úgy hogy meghatározzák a robot kívánt „viselkedését”.

A LEGO MINDSTORMS EV3 szoftverben számos beépített funkció és eszköz található, így a szenzorok és motorok konfigurálása, programozási blokkok, ezek kiválasztása és összekapcsolása, valamint szimuláció és tesztelési lehetőségei.



3-1. ábra Az EV3 fejlesztő környezetének egy képernyője [19]

A szoftver segítségével a felhasználók programkódot fejleszthetnek a mechanikusan megvalósított robotok különböző vezérlésére. Számtalan megoldás található a vonalvezető feladatokhoz, tárgyak felismeréséhez, távolságérzékeléshez, különféle mozgásvezérlésekhez. A LEGO MINDSTORMS EV3 szoftver nagyszerű eszköz a robotika és a programozás tanulásához és gyakorlásához, és széles körű alkalmazási lehetőségeket kínál a felhasználóknak, korosztálytól függetlenül.

3.1 Programozási blokkok, a szoftver alapelemei

Programozási Blokkok: A programozás alapvető építő elemei ezek a blokkok, melyeket egymáshoz kötve, kapcsolva működtetik a robotot. Ilyen az előre-, hátra lépést, fordulást a mozgásblokkok, ciklusokra, feltételes utasításokra, vonatkozó „utasítások”.

Szenzorblokkok: Ezek lehetővé teszik az érzékelők adatainak olvasását, és feldolgozását. A számunkra a továbbiakban fontos szerepet betöltő színérzékelő blokkok lehetővé teszik a színek felismerését, szín-adatok nyerését.

Motorblokkok: A motorok működését irányítják ezek a blokkok. Sebesség, irány nyomaték-határ beállítása.

Adatblokkok: Ezek a blokkok adatok módosítását, és kezelését teszik lehetővé, így a matematikai műveleteknél.

Kommunikációs blokkok: A robotok közti-, a vezérlő egység közötti kommunikációt teszik elérhetővé, WiFi-n, vagy bluetooth-on keresztül.

Hangblokkok: Robotok hangjelzéseinek beállítását, és hangok lejátszását teszi lehetővé. Ilyenek a figyelmeztető hangok, ipari környezetben, jelzések.

3.2 A LEGO Mindstorms EV3 szoftver alapelemei

Projektek: Olyan munkaterület ahol saját robotprogramokat készíthetnek, a felhasználók, melyek tartalmazzák a robotok konfigurációját, és programozását.

Programozási környezet: A LEGO Mindstorms EV3 rendszer grafikus programozási környezetet kínál, amely lehetővé teszi a felhasználó számára, hogy különböző blokkokat hozzáadva, és összekapcsolva készítsenek programot.

Programozási blokkok: Ezek a blokkokhoz különféle funkciók hozzárendeltek. A felhasználó ezeket paraméterezve, összekapcsolva hoz létre robot-programot.

Szenzor konfiguráció: Csatlakoztatott érzékelők konfigurálása, beállítása, típusának, elhelyezkedésének megadása, a kimeneti jeleinek értelmezése.

Motor konfiguráció: A motorok beállítása konfigurálása, hasonlóan a szenzorkonfiguráláshoz, a motorok típusának elhelyezkedésének megadása, fordulatszám, nyomatékhatár, forgásirány megadásával.

Adatok kezelése: A felhasználók a létrehozott változókat, tárolhatnak, és használhatják a programban, valamint matematikai műveleteket végezhetnek ezekkel.

Szimuláció és teszt: A LEGO Mindstorms EV3 lehetőséget ad az elkészült programok tesztelésére, és szimulálására az elkészített szoftverkörnyezetben, Ez célszerűen megelőzi a robotmechanikán történő kipróbálást, az esetleges károsodást.

3.3 Programozás saját szoftverrel

A LEGO Mindstorms EV3 programozása saját szoftverrel is lehetséges különféle környezetek, és programozási nyelvek segítségével. A LEGO a Mindstorms EV3 programkörnyezetével igen hatékony eszköz a fejlesztésre. Ez a hivatalos LEGO szoftver, mely grafikus környezetet kínál a programozáshoz, a programozás ebben az esetben *drag-and-drop* módszerrel működik, és a LEGO által előre kifejlesztett blokkokkal dolgozik, ezt kezdők is könnyen alkalmazhatják, révén egy egyszerű programozási nyelv. Természetesen vannak további programozási lehetőségek is.

Az EV3DEV, ez egy Linux alapú operációs rendszer, mely lehetővé teszi a LEGO robot más nyelvekkel történő programozását. Közvetlenül lehet telepíteni a Mindstorms EV3-ra, C++ vagy Python környezetet is.

LeJOS, Java for Lego Mindstorms: egy további fejlesztői környezet, mely Java nyelven teszi lehetővé a Mindstorms EV3 programozását.

RobotC: Ez C nyelven írt fejlesztői környezet, mely komplex alkalmazások adaptációját teszi lehetővé a Mindstorms EV3-hoz.

4. MATLAB ÉS SIMULINK SOFTVER KÖRNYEZET

A Matlab és Simulink tökéletes környezetet nyújt a LEGO robotok modellezéséhez, irányításához, tervezéséhez. Hivatalosan nincs LEGO Mindstorms EV3 támogatása a Matlab Simulink számára, mégis kifejlesztettek egy csomó könyvtárat és eszközt, amely lehetővé teszik a robot irányítását Matlab Simulink szintjén. [7] Például a Mindstorms EV3 blokkokat fejlesztettek ki, ezek az EV3-al kommunikálnak, és lehetővé teszik a Matlab Simulink futtatását robotokon.

A MATLAB (Matrix Laboratory) egy nagy teljesítményű számítógépes programozási környezet, amelyet elsősorban numerikusszámításokra, adatmegjelenítésre és algoritmusfejlesztésre használnak. Az 1984-ben megjelent MATLAB-ot a MathWorks fejlesztette ki, és azóta is az egyik legnépszerűbb eszköz a mérnöki, tudományos és matematikai kutatásokban. A MATLAB legfontosabb jellemzője a mátrixalapú számítási környezet, amely lehetővé teszi a felhasználóknak, hogy hatékonyan dolgozzanak nagy mennyiségű adat feldolgozásával és komplex számítások elvégzésével. A MATLAB nyelv alapját a mátrixműveletek képezik, amelyek közvetlenül támogatják a lineáris algebrai számításokat is.

A MATLAB eléggé nagy funkciókészlettel rendelkezik, amelyek között megtalálhatók az adatmegjelenítési eszközök, a szimulációs és modellezési eszközök, valamint a speciális matematikai függvények. A beépített függvények lehetővé teszik például a különböző differenciálegyenletek megoldását, a Fourier-transzformációk végrehajtását vagy akár a LEGO Mindstorms EV3 robot programozását és irányítását is számítógépen keresztül.

A MATLAB széleskörű eszköztárral rendelkezik, ezen eszköztárak (például a Signal Processing Toolbox, az Image Processing Toolbox és a Control System Toolbox) specifikus feladatok megoldására szolgálnak, és mivel ezek az eszköztárak előre elkészített függvényeket és algoritmusokat tartalmaznak, kiterjesztik a MATLAB alapvető funkcióit.

A MATLAB széleskörű adatmegjelenítési képességekkel rendelkezik, amelyek lehetővé teszik, hogy grafikonok, diagramok és más vizuális ábrák segítségével könnyen megjelenítsék az adatokat és az eredményeket.

A MATLAB Simulink lehetőséget nyújt a dinamikus rendszerek modellezésére és szimulációjára. A Simulink egy grafikus programozási környezet, amelyben a felhasználók blokksémák segítségével modellezhetik a rendszereiket. Ez különösen hasznos lehet a különböző mérnöki területeken, ahol a folyamatok és rendszerek viselkedésének szimulációja kritikus fontosságú. Ezért is lehet és érdemes alkalmazni a Simulinket robotirányítási célokra.

A MATLAB sokféleképpen alkalmazható a kutatásban és ipari környezetben egyaránt. Felhasználható lehet a következő területeken:

- elektronika
- kommunikáció
- jelfeldolgozás
- telekommunikációs rendszerek tervezése és analízise
- dinamikus rendszerek szimulációja, vezérlőrendszerek tervezése
- robotirányítás és szimuláció
- statisztikai elemzések
- orvosi célú képfeldolgozás, fiziológiai rendszerek modellezése
- fizika és kémia: molekuláris szimulációk, kémiai reakciók modellezése

A MATLAB Simulink for LEGO Mindstorms EV3 egy kiegészítő csomag, amely lehetővé teszi, hogy a LEGO Mindstorms EV3 robotjait programozzuk és vezéreljük a Simulink grafikus modellezési környezet segítségével. Ez a csomag különösen hasznos az oktatásban, mivel lehetőséget nyújt a robotika és a beágyazott rendszerek megismerésére. Ez a kiegészítő csomag a következőket segíti:

- grafikus programozás, mivel a Simulink for LEGO Mindstorms EV3 csomag lehetővé teszi, hogy grafikus blokkok segítségével hozzunk létre vezérlő algoritmusokat, ami megkönnyíti a programozást azok számára is, akik nem rendelkeznek mély programozási ismeretekkel,

- szenzorok és aktuátorok támogatása, mivel a csomag teljes körű hozzáférést biztosít a LEGO EV3 robot különböző szenzoraihoz (ultrahang-, szín- és fényérzékelő, érintésérzékelő) és aktuátoraihoz (motorok),
- valós idejű szimuláció és vezérlés, ahol a Simulink modell közvetlenül letölthető az EV3 téglára, ami lehetővé teszi a valós idejű szimulációt és vezérlést. Ezzel a funkcióval robot irányítását közvetlenül a hardveren tesztelhetjük és hangolhatjuk a vezérlő algoritmusokat. [8]

Az oktatásban a Simulink for LEGO Mindstorms EV3 csomag kiváló eszköz a diákok számára, hogy gyakorlati tapasztalatokat szerezzenek a rendszervezérlés, a robotika és a beágyazott rendszerek terén. A grafikus programozási környezet intuitív módon segíti a diákokat a komplex rendszerek modellezésében és szimulációjában. A csomag használata során

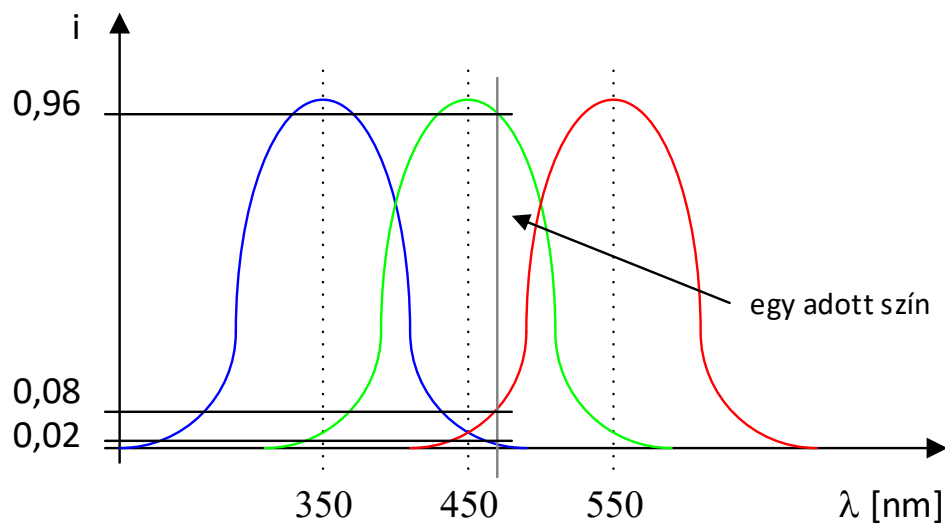
széleskörű támogatást elérhető a csomaghoz, beleértve az oktatási anyagokat, útmutatókat és fórumokat, ahol a felhasználók megoszthatják tapasztalataikat és kérdéseiket. [9]

A MATLAB előnyei közé tartozik a felhasználóbarát felület, a széleskörű beépített funkciók és a nagyfokú rugalmasság. Ezen kívül a MATLAB közösség és a MathWorks támogatása révén a felhasználók hozzáférhetnek számos oktatási anyaghoz és dokumentációhoz, amelyek segítenek a programozási ismeretek fejlesztésében. A MATLAB egy erőteljes és sokoldalú eszköz, amely széleskörű alkalmazást talál a tudományos és mérnöki területeken. A mátrixalapú megközelítés, a kiterjedt funkciókészlet és az adatmegjelenítési képességek révén a MATLAB hatékony eszköz a komplex számítások és modellezési feladatok megoldására.

5. AZ RGB TECHNIKA

Az RGB az angol *red*, *green*, *blue* kifejezésekből származnak, és a színek különböző árnyalatainak létrehozását támogatja additív modell alapján. Ennek alapja, hogy a piros, zöld, és kék színek különböző erősségű keverékéből bármilyen színt előállíthatnak. Ez alapján minden szín e három fő komponensből áll. Az egyes alapkomponeensek (RGB) intenzitását, nyolcbites ábrázolás esetén, 0, és 255 érték között változtatjuk. A kívánt színtől függően, ha mind a három komponenst maximális értékre állítjuk fehér színt kapunk. (255R, 255G, 255B) Értelemszerűen, a tisztán piros szín kódja; 255R, 0G, 0B.

Az 5-1. ábra a látható tartomány három alapszínre történő felbontását szemlélteti. Az ábrán egy „adott szín” kikeveréséhez; $0,08R + 0,96G + 0,02B$ komponens szükséges.



5-1. ábra Az additív RGB technika értelmezése [14]

Az RGB színmodellt számos helyen alkalmazzák, televíziók, monitorok, digitális kijelzők, ahol a három színt kombinálva minden színt meg tudnak jeleníteni.

A modell kétirányú értelmezése magától értetődő, hiszen képalkotásnál, színmérésnél az adott hullámhosszúságú forrás R , G , B komponenseit, mint együtthatókat kell megállapítanunk.

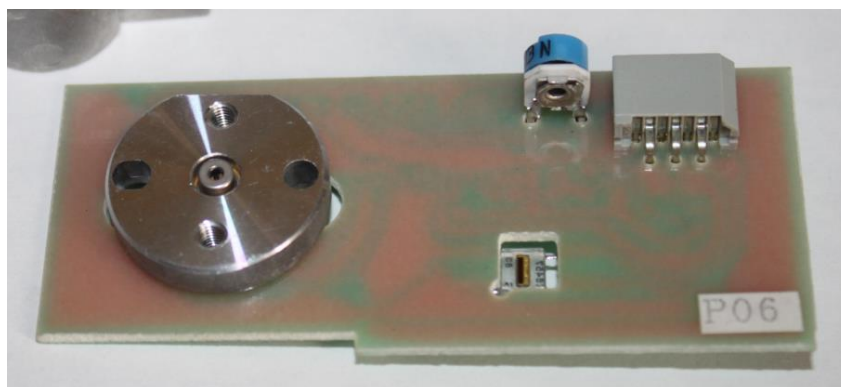
5.1 Fényforrások

A civilizációnak működtető legismertebb fényforrás a nap, mely hőt, fényt, és energiát szolgáltat, a földi élet fenntartásához

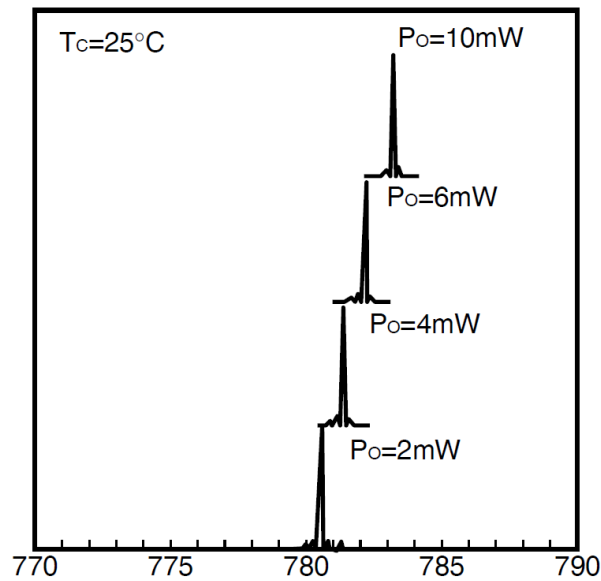
Biolumineszcenciának nevezzük az egyes élőlények kémiai reakciójával előállított fényt. Így az egyes rovarok, vagy mélytengeri állatok esetén, ezek a tulajdonságok jellemzően a létfenntartást szolgálják az adott egyednél, szerepet játszhat elrejtőzésben, vadászatban, kommunikációban, vagy akár az ön-reprodukcióban is.

Izzólámpák, halogén világítótestek hagyományosan a legelterjedtebb mesterséges fényforrások, különféle típusúak, illetve formájúak lehetnek. Ezek a világító eszközök elektromos árammal működnek és igen rossz hatásfokkal állítanak elő fényt. A felvett villamos teljesítmény néhány százaléka lesz látható fény, többségi produktum infra fény, illetve hő.

Lézerek, erős intenzív, és egyenletes fényforrások (5-2. ábra), melyek széles körben alkalmazhatók ipari eszközökben, kommunikációban, távközlésbe, mérés technikában,



5-2. ábra Egy lézer LED a hűtőtömbbel [14]



5-3. ábra Egy LLED teljesítmény-spektrum eltolódás diagramja [14]

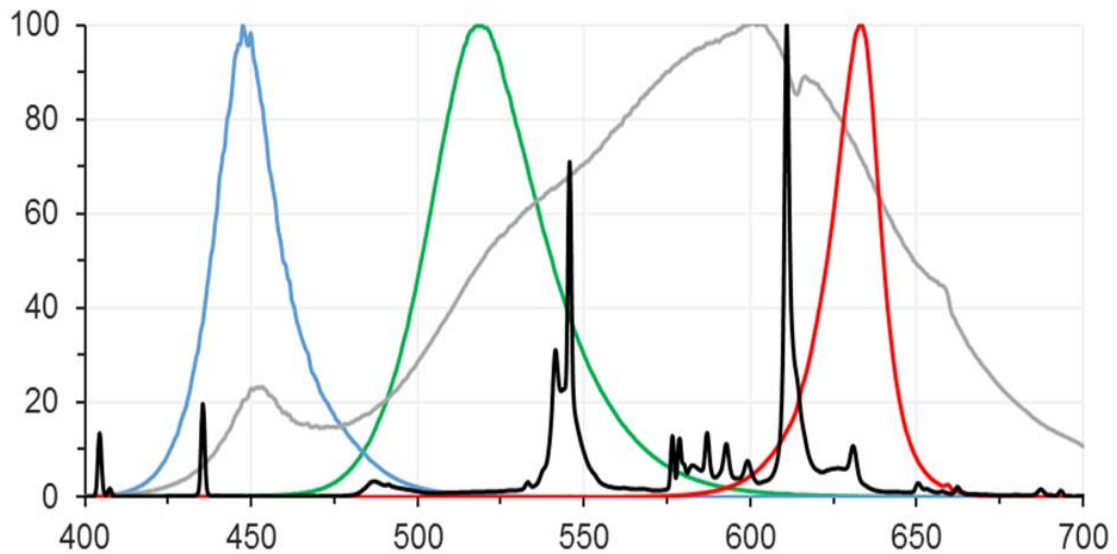
gyógyászati alkalmazásokban, mérésekben, vagy akár a szórakoztató iparban is. Manapság legelterjedtebb egyedei félvezető alapúak, Lézer LED-ek (LLED). ezek spektruma (5-3. ábra) nagyon kicsi (monokrómok).

Xenon-fényforrások, ezeket a mindennapi megvilágításon túl a dekorációkban, világító táblákban alkalmazzák. Elektromos árammal gerjesztett, áramgenerátorosan meghajtott xenon-gáz a fényforrás. Hatásfokuk-, várható élettartamuk, sokkal jobb, mint az izzólámpáké.

A LED³ egy félvezető alapú fényforrás amely elektrolumineszcenciát használ a fény kibocsátásához. Amikor a félvezetőbe elektromos áramot vezetnek, akkor a *P-N* átmeneten zajló folyamatok során fotonokat bocsát ki. Számos típusát, akár a felhasználás függvényében is, különböztethetjük meg.

SMD LED, ezeket méretüknél fogva főleg olyan helyen használják ahol korlátozottak a lehetőségek, a méreteket tekintve, például nyomtatott áramköri lapokra, vagy kijelzőkre

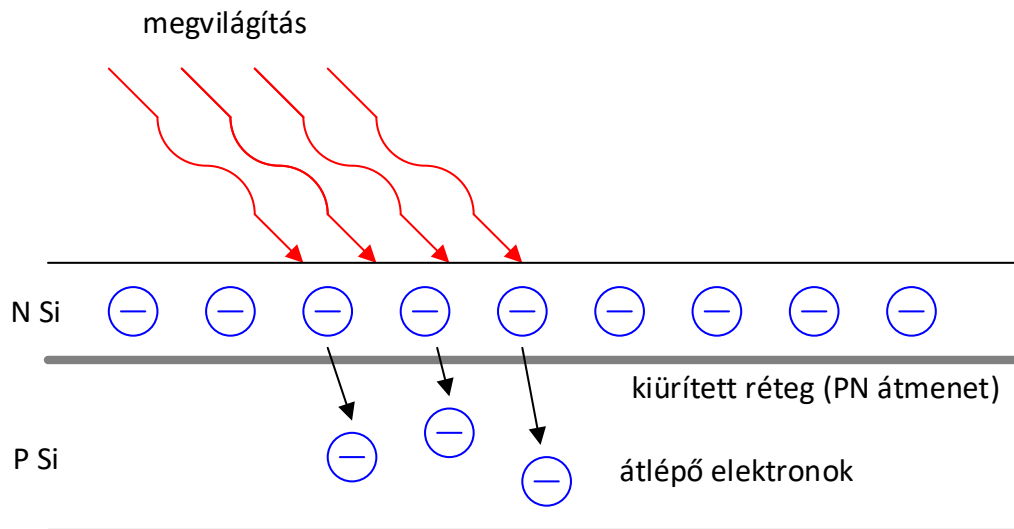
³ Light-Emitting Diode



5-4. ábra Különböző LED-ek spektrális intenzitása, fekete egy kompozit fényforrás-spektruma. [20]

használgják . COB LED-ek olyan nagy teljesítményű fényforrások, melyeket lámpákba világító testekbe használnak, ezek általában több diszkrét LED felhasználásával érhetőek el. RGB LED-ek a három alapszín kombinálgják, képernyő technológia, háttérvilágítás, változtatható színhőmérséklet előállítása. Az UV LED ultraibolya spektrumú sugárzást bocsát ki, ezeket használják gyógyászati célokra, sterilizálásra, vagy fluoreszkáló anyagok aktiválásához. Az IR LED infravörös sugárzást szolgáltat, éjjellátó kamerákba, táv-irányítókban alkalmazzák. Az infravörös tartomány azért is gyakran alkalmazott mivel a Si alapú félvezetők ezen a hullámhosszon (780-900nm, adaléktól függően) a legjobb hatásfokkal működnek. High Power LED-et főként megvilágításra használják, gépkocsikban, közterületeken, háztartásokban. Különböző színű LED-ek hullámhossz-intenzitás függvényei láthatók a 5-4. ábrán.

A LED-ek méltán elterjedt fényforrások, mivel élettartamuk, hatásfokuk, paraméter-állandóságuk jelentősen felül múlja a fentebb említett eszközökét. A gyártás automatizálása megoldott, így a relatív költségek is kedvezőbbek.



5-5. ábra A PN átmenet fotoelektromos működése [14]

5.2 Fény, és színérzékelők

A fényérzékelő a környezetében lévő fény intenzitását alakítja villamos feszültség jellé.

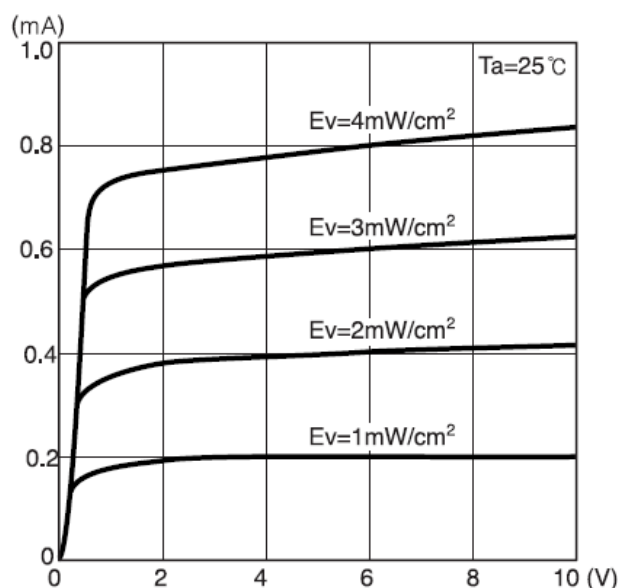
A működés során egy általában szilícium félvezető PN átmenet kiürített rétegének küszöb energiáját haladja meg a beérkező fotonok hatására stimulált elektronok energiája. Ennek hatására a PN átmenet U_{AK} feszültsége megnő (5-5. ábra). Célszerűen ez a fotodióda, vagy nagyobb méretben, technológiától függően a napelem.

Elmondható, hogy minden félvezető fényérzékeny, hiszen a PN átmenet mindenütt szabad elektron mennyiségétől függő.

A 5-6. ábrán egy fototranzisztor I_C - U_{CE} karakterisztikája látható a megvilágítás intenzitásában (E_v) paraméterezve.

Nagyérzékenységű fotoérzékelő a *PIN* dióda. Ennél a szilícium alapú félvezetőnél a *P* és *N* réteg közé egy I^4 réteget is kialakítanak. Ennek nagy felületére beeső fény a kiürített

⁴ Intrinsic (speciális)

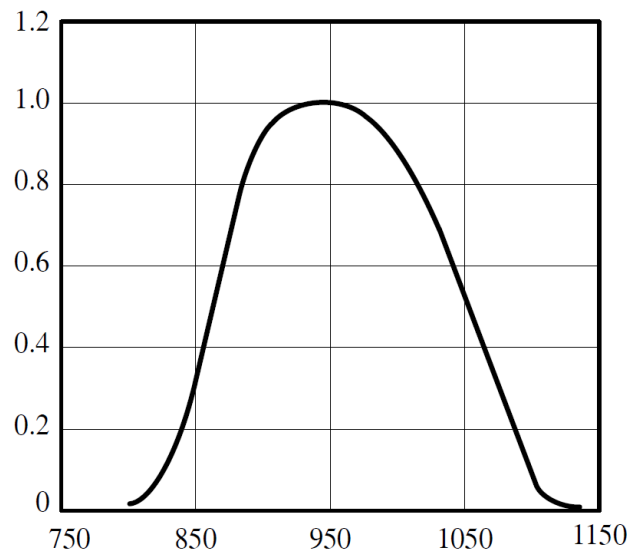


5-6. ábra Egy fototranzisztor I_C - U_{CE} karakterisztikája fényintenzitásban (E_v) paraméterezve [11]

réteget lavina-hatás szerűen befolyásolja. A zárirányban előfeszített dióda letörési feszültsége változik meg nagyon meredeken már kismértékű megvilágítás változás hatására. Felhasználása nagy érzékenységű fotodetektorokban, illetve üvegszálás telekommunikációban a leggyakoribb.

A színérzékelés az *RGB* együtthatók meghatározását jelenti. Ennek egyik módja, hogy a megfelelő hullámhosszra érzékeny félvezetőt választunk. A 5-7. ábra egy *PIN* dióda spektrális érzékenységét mutatja.

A másik gyakrabban alkalmazott módszer, amikor széles spektrumú érzékelőt választunk. A három alapszín érzékelő egy-egy fotodetektor elé a piros, a zöld a kék alapszín átengedő szűrőt helyeznek el. A három alapszín komponensek „szétválogatására” a színbontó tükrös eljárást is alkalmazzák, elsősorban képalkotó eszközökben (CCD), nagy felbontású kamerákban.



5-7. ábra Egy infra tartományt érzékelő PIN dióda spektrális érzékenysége a hullámhossz függvényében

A LEGO Mindstorms EV3 fényérzékelője több funkcionális lehetőséget kínál, a robotok navigálásában, a színek érzékelésének függvényében.



5-8. ábra Infravörös jeladó [5]

Az érzékelő két módon használható, az egyik a reflexiószám, ami a környezetben lévő természetes, vagy mesterséges fény visszaverődő erősségét érzékeli. Képes a tárgyak felismerésére, kikerülésére, mozgatására, felismeri a vonalakat akár szín alapján is, így programtól függően navigálhatjuk a robotunkat. [11]

A másik lehetőség a fényforrásszám, ami a rá irányuló fényforrásokat (5-8. ábra) érzékeli. Ez a fentiekben leírtak szerint is működhet, illetve abszolút koordinátás navigációt enged meg, objektumok észlelésére, illetve a távolság meghatározására.

A LEGO Mindstorms EV3 esetén az érzékelők beállítása erősen befolyásolhatja a kapott eredményt. Egyáltalán nem mindegy, hogy a beeső fény milyen szögbe kapja az érzékelő, amelyek helyes pozicionálásával ez beállítható a kívánt eredmény elérése érdekében.

6. A HELYMEGHATÁROZÁS

A robotika, és automatizálás területén elkerülhetetlen olyan vonatkoztatási rendszer működtetése, amelyben a robot abszolút és relatív helymeghatározása megvalósul. Ez szükséges ahhoz, hogy a robot képes legyen meghatározni, és megtartani pozícióját a környezetében. A robotok önálló feladatvégzésében, és navigációjában fontos, mivel a robot nem tud munkát végezni, nem lehetséges környezeti interakció, ha nem tudja, hogy hol van, merre kell mozognia. A lokalizáció, helymeghatározás más-más technikákkal, és azok ötvöztetésével is történhet. Alapvetően bel-, és kültéri helymeghatározást különböztethetünk meg.

6.1 Kültéri lokalizáció:

A kültéri lokalizáció változatosabb és dinamikusabb beltérinél, számos tényező befolyásolja pontos helyzet meghatározását. A kültéri lokalizáció több módon is működhet:

Globális helymeghatározó rendszerek: GPS, GLONASS, Galileo, rendszerek segítségével a robot pontosan meg tudja határozni földrajzi pozícióját.

Szatellit-alapú rendszerek és jelrendszer: A kültéri lokalizáció a szatellit-alapú rendszereken kívül, használ egyéb rendszereket is a pozíciójának meghatározása érdekében, ezek lehetnek rádiótornyok, mobiltornyok, WiFi, Bluetooth jelek.

Képkalkotó és térképező rendszerek: A kültéri lokalizációban gyakran alkalmazzák a képkalkotó és térképező rendszereket, amelyek segítségével a robotok képesek térképet készíteni a környezetükről és meghatározni a saját pozíciójukat azon a térképen. Ezek a rendszerek gyakran kombinálják a képfeldolgozást, a SLAM technikákat és az AI algoritmusokat a pontos helymeghatározás érdekében.

Tereptárgyak felismerése és navigáció: A robotok biztonságos mozgását a tereptárgyak felismerése teszi lehetővé, ezek lehetnek jelzőtáblák, útburkolati jelek, terepakadályok, lépcső stb., ehhez a robot különféle érzékelőket és algoritmusokat használ.



6-1. ábra Iránytű szenzor [5]

Időbeli adatok felhasználása: A kültéri lokalizációnál gyakran fontos az időbeli adatok használata a pozíció meghatározásához. Például a GPS-adatok időbeli változásai alapján a robotok képesek lehetnek saját sebességük és irányuk meghatározására, ami segíthet a pontos helyzetük meghatározásában.

6.2 Beltéri lokalizáció.

A beltéri lokalizáció célja a robotok pontos helyzetének meghatározása belső térben. Alkalmazására számos módszer közül válogathat a felhasználó.

Szenzor alapú lokalizáció: Különbféle szenzorokat (6-1. ábra) használnak, mint például ultrahangos érzékelőket vagy infravörös szenzorokat, hogy érzékeljék a környezet jellemzőit, mint például a falakat vagy bútorokat, és így segítsenek a robotnak meghatározni a pozícióját.

Inerciális mérőegységek (IMU-k): Gyorsulásmérők és giroszkópok kombinációját használják a robot sebességének és irányának meghatározására, ami segít a pontos pozíció meghatározásában. [12, 13]

Mágneses érzékelők: Érzékelik a mágneses mezők változásait a környezetben, például rögzített mágneses jelölők vagy mágneses mezők használatakor a belső térben történő navigációhoz és lokalizációhoz.

Odometria: Az odometria a kerekek mozgását veszi alapul a megtett távolság mérésére, és ez által a robot helyzetének meghatározására. Ez egy nagy hibafaktort magában hordozó módszer, mivel a kerekek a terhelés hatására, vagy a talaj egyenletlensége, csúszása miatt elforoghatnak, így nem kapunk hiteles adatokat. Ezért ezt a módszert általában más technikával ötvözik.

Vizualizációs, és térképezési rendszerek: A SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) általában kombinálják a szenzor adatokat és algoritmusokat, hogy meghatározzák a robot pontos pozícióját, és térképet készítsen a környezetéről.

Az autonóm robotok hatékony és biztonságos mozgásának biztosításának egyik fontos eleme a fény alapú robotirányítás különböző környezetben. A hagyományos módszerek mellett, mint például a GPS alapú navigáció vagy az ultrahangos szenzorok, beltérben, ahol korlátozott az egyéb navigációs lehetőségek alkalmazása egyre nagyobb figyelmet kapnak a fény alapú technikák. A fény alapú robotnavigáció számos előnnyel rendelkezik, mint például a nagy pontosság, a gyors adatfeldolgozás és a környezetre gyakorolt elhanyagolható hatás.

A fény alapú robotnavigáció kétféle módon működhet, a LIDAR (light detection and ranging) és az optikai áramlás. A LIDAR technológia esetén a rendszer lézersugarakat bocsát ki, majd a tárgyról visszaverődő sugarakat érzékeli és a visszaverődési idő mérése alapján a rendszer háromdimenziós térképet készít a környezetről. A LiDAR különösen hasznos bonyolult, dinamikus környezetben, mivel nagy pontossággal képes meghatározni az objektumok távolságát és helyzetét. Elsőként nagyobb területek felmérésére alkalmazták, mivel 'belelát' a felszín alatti rétegekbe. Az optikai áramlás esetében a robot kamerákat használ a környezet vizuális információinak feldolgozására. Az optikai áramlás az egymást követő képkockák közötti mozgás mintázatainak elemzésén alapul, amely

lehetővé teszi a robot számára a sebesség és az irány meghatározását. Ez a technika különösen előnyös beltéri környezetben, ahol a GPS jel gyenge vagy nem elérhető. Fontos megemlíteni, hogy a vizuális elmozdulás nem feltétlenül egyezik meg a valós elmozdulással.

A fény alapú robotnavigáció széles körben alkalmazható különböző területeken, például az iparban, az egészségügyben és a közlekedésben. Az ipari robotok esetében a fény alapú navigáció lehetővé teszi az autonóm mobil robotok (AVG/AMR – automated guided vehicle/robot) számára, hogy pontosan mozogjanak a gyárakban, raktárakban, ahol gyors és pontos anyagmozgatásra van szükség. A LiDAR technológia használatával az AVG/AMR-k könnyedén navigálhatnak összetett ipari környezetben is, elkerülve az akadályokat és optimalizálva az útvonalakat.

Az egészségügyi alkalmazások során az autonóm robotok használata jelentős előnyöket kínálhat a kórházakban és más egészségügyi intézményekben. A fény alapú navigáció segítségével a robotok biztonságosan és hatékonyan szállíthatnak gyógyszereket, orvosi eszközöket és egyéb szükséges tárgyakat a különböző osztályok között. Ez csökkenti az emberi hibák lehetőségét és növeli a működési hatékonyságot. Számos ipari termelő üzemben (például gyógyszergyárakban is) alkalmazzák ezt a technológiát.

A közlekedés terén az autonóm járművek navigációja kritikus fontosságú. A fény alapú technológiák, különösen a LIDAR kulcsszerepet játszanak az önvezető autók környezetének pontos felmérésében. Ezek az autók képesek észlelni és reagálni a környezeti változásokra valós időben, biztosítva a biztonságos közlekedést.

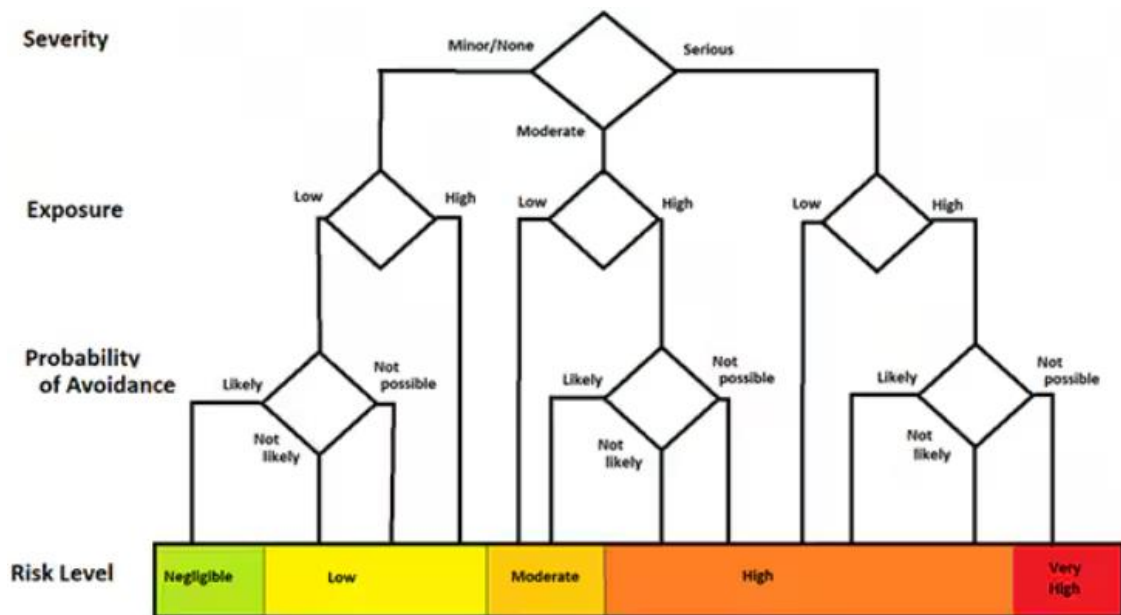
Annak ellenére, hogy mennyire elterjedtek ezek a megoldások és a fény alapú robotnavigáció számos előnyt kínál, számos kihívással is szembe kell néznie. Az egyik fő kihívás a költséghatékonyság, mivel a LIDAR rendszerek drágák lehetnek, ami korlátozza a technológia széleskörű elterjedését. Emellett a fény alapú navigációs rendszerek érzékenyek lehetnek a környezeti tényezőkre, mint például a fényviszonyok változása vagy a por, ami befolyásolhatja a rendszer pontosságát. Ipari körülmények között ez nagy kihívást jelent az üzemeltetőknek.

A jövőbeni fejlesztési irányok között szerepel a költségek csökkentése és a rendszer robusztusságának növelése. Az új, olcsóbb szenzorok kifejlesztése és a fejlett algoritmusok alkalmazása segíthet a technológia szélesebb körű elterjedésében. Továbbá a mesterséges intelligencia és a gépi tanulás integrálása lehetőséget kínál a navigációs rendszerek további finomítására és adaptívvá tételére a különböző környezeti feltételekhez.

7. ROBOTIRÁNYÍTÁS ÉS BIZTONSÁGTECHNIKA

A kollaboratív robotok (cobotok) alkalmazása számos előnnyel jár a munkahelyeken, de fontos figyelembe venni a biztonsági aspektusokat is. A következő biztonsági szempontokat érdemes figyelembe venni a cobotok alkalmazása során:

- biztonsági kockázatok felmérése (risk assessment): mielőtt egy kollaboratív robotot üzembe helyeznénk, fontos felmérni annak potenciális kockázatait. Ez magában foglalja a kollaboratív robot és az emberek közötti esetleges ütközéseket, a túl nagy mozgássebességet, a munkaterület biztosítását és más lehetséges veszélyforrásokat. Itt komoly szerepe lehet a fénnel történő irányításnak,
- vezérlés és monitorozás: az ilyen kollaboratív robotokat úgy kell beállítani és programozni, hogy minimálisra csökkentsék az emberi személyzet biztonsági kockázatát. Ehhez megfelelő vezérlési és monitorozási rendszerekre van szükség, amelyek lehetővé teszik a kollaboratív robotok működésének folyamatos figyelemmel kísérését és szükség esetén azonnali beavatkozást,
- biztonsági érzékelők: a kollaboratív robotokat ellátják biztonsági szenzorokkal, amelyek lehetővé teszik az emberi munkavállalók közelségének észlelését. Ezek az érzékelők segítenek csökkenteni az ütközésveszélyt, és lehetővé teszik a kollaboratív robotoknak, hogy automatikusan lassítsanak vagy azonnal leálljanak, ha egy ember közelébe kerülnek vagy érintkezésbe kerülnek,
- oktatás és tudatosság: a munkavállalók folyamatos képzése elengedhetetlen a robotok biztonságos használatához. Fontos, hogy megértsék a kollaboratív robotok működését, valamint azt, hogyan kell biztonságosan együtt dolgozni velük,
- védőberendezések: szükség lehet védőberendezésekre, például védőburkolatokra vagy egyéb fizikai akadályokra a kollaboratív robotok körül, hogy megakadályozzák az emberi munkavállalók hozzáférését a veszélyes területekhez, miközben bizonyos munkaterületek elérhetőnek kell maradnia robot és az emberek számára is. Ennek kijelölése történhet fényjelzéssel is.



7-1. ábra Kollaboratív robot kockázat felmérése [16]

- rendszeres robotkarbantartás és felülvizsgálatok: a robotoknak rendszeres karbantartásra és felülvizsgálatokra van szükségük annak érdekében, hogy biztosítsák a hosszú távú megbízhatóságot és a biztonságos működést. [4]

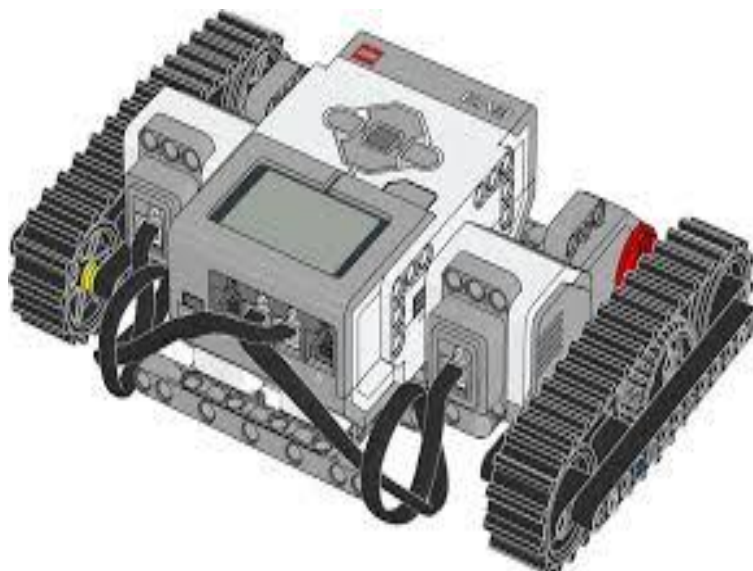
A kollaboratív robotok alkalmazása jelentős előnyöket jelenthet a termelékenység és az erőforrások hatékonyabb felhasználása terén, de a biztonság mindig prioritásnak kell lennie. [3]

A kockázatfelmérés (7-1. ábra) során a kollaboratív robot mellett a teljes munkakörnyezetet is figyelembe kell venni, majd az összes kockázatot a lehetséges sérülés súlyossága, a veszélynek való kitettség gyakorisága és időtartama, valamint a veszély elkerülésének valószínűsége alapján kell osztályozni. A felmérés mindig egyedi következtetésekkel végződik, ami visszatükrözi az adott munkakörnyezetet. [16]

8. A FELADAT MEGVALÓSÍTÁSA

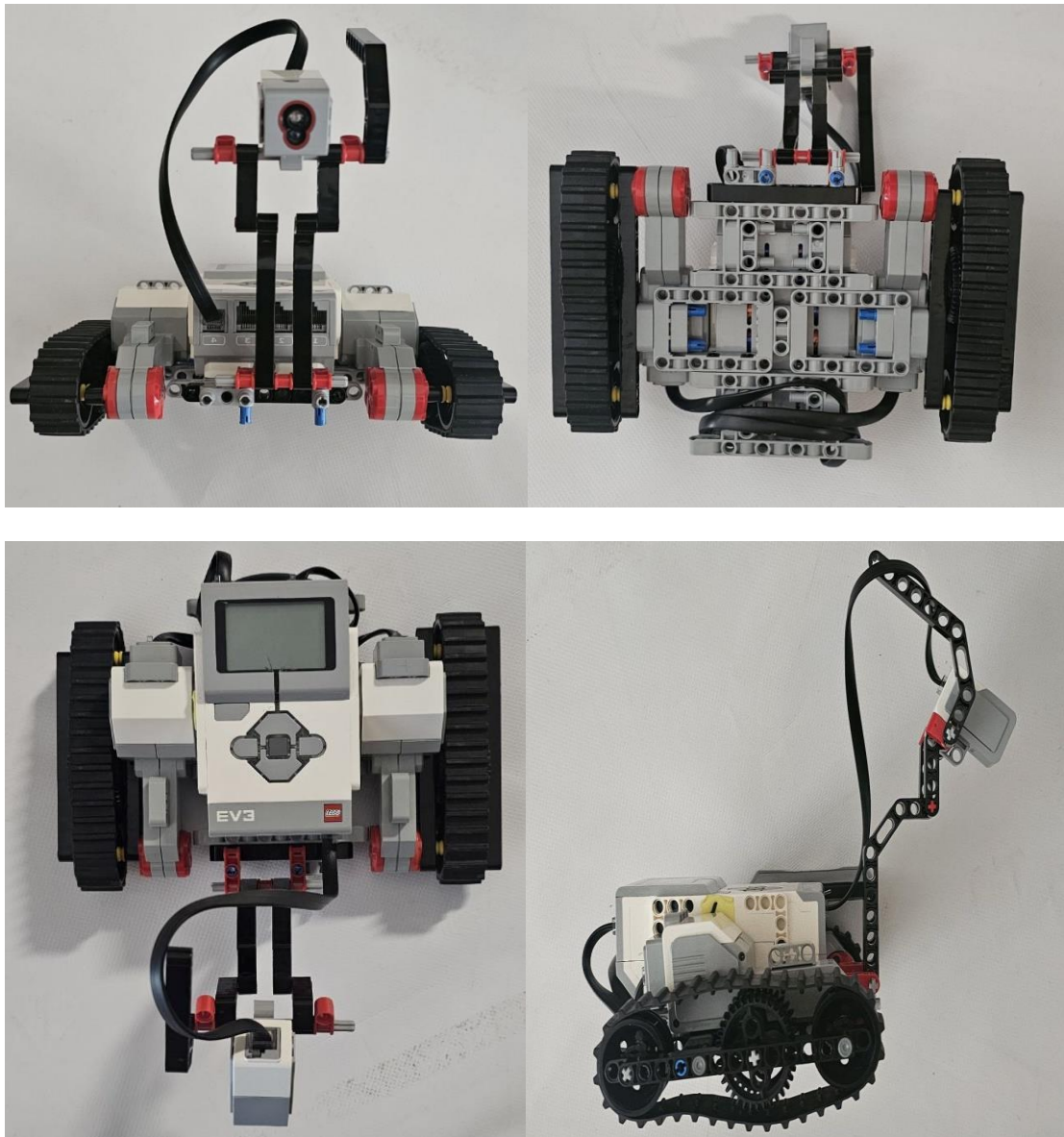
A feladatok kivitelezéséhez a LEGO Mindstorms EV3 robotikai készletet alkalmaztuk, mely a kereskedelmi forgalomban is elérhető volt 2013 óta (8-1. ábra). Mivel a gyártását megszüntették, így elérhetősége korlátozott, bár az oktatásban elfoglalt szerepe révén a legtöbb középiskolai informatikai oktatásban alkalmazták. Az Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Karán több mint tíz éve futó Bejczy Antal Műszaki Innovációs Középiskolai Verseny szintén a LEGO Mindstorms EV3 robotikai készlet alkalmazására alapul, ahol a robotkészleteket a Kar biztosította a partnerintézményei számára. [5]

A LEGO robot számtalan formában használható, a gyári szettek mellett nagyon sok modell érhető el a világhálón is. A vizsgálatok során olyan LEGO robotot akartunk összeépíteni, amely a lehető legegyszerűbben képes önálló mozgásra, elhelyezhető rá a megfelelő szenzor és a szenzor pozíciója egyszerűen változtatható a környezeti elemeknek megfelelően. A célkitűzésünket úgy értük el, hogy a hivatalos LEGO honlapon elérhető modellek közül a TRACK3R robot építettük meg az első 10 lépésig, majd ezen helyeztük el a szenzort. [6]



8-1. ábra TRACK3R robot [1]

A LEGO robot meghajtásához két nagymotort alkalmaztunk (8-2. ábra), mely láncalpakkal mozgatja a robotot, a készletben lévő közepes motor nem lett beépítve a modellbe. A motorokat az A és B PORT-ra kötöttük be. A modellre felkerült egy szín- és fényérzékelő is, ami a munkakörnyezet biztonság modellezéséhez szükséges. Az érzékelő a 4. PORT-ra került.



8-2. ábra A kész robot

A szín- és fényérzékelő szenzor pozícióját manuálisan lehet állítani a modellen, a három alkalmazott pozíció a felfelé, lefelé és előre néző helyzet kiválasztása a fényforrásoknak megfelelően.

8.1 Mesterséges ipari környezet emulálása

A minél élethűbb mesterséges ipari környezeti modell kialakítása érdekében egységes, sima, fehér színű felszín felett lett összeállítva a rendszer, a PAR RGBW led fényforrások (8-3., 8-4. ábra) felülről világították meg a felszínt. Három darab PAR RGBW led alkalmazására került sor, ezzel a modellkörnyezet megvilágítását három szekcióra lehetett felosztani és ezen szekciók megvilágítását kis lépésekben is lehetett változtatni.

A felület megválasztásánál szempont volt a sima felület, hogy a LEGO Mindstorms EV3 robot könnyen tudjon haladni és szükség esetén fordulni rajta, valamint a nem tükröződő felület, ami a szín- és fényérzékelő pontos érzékelését biztosította.

A megvilágításra alkalmazott PAR RGBW led lámpák 54 darab 3 wattos led fényforrással vannak felszerelve, a piros, zöld, kék és fehér LED-ek külön-külön helyezkednek el, így szabályozásuk is külön lehetséges (12-R, 18-G, 18-B, 6-W). Ezen a fényforrások összteljesítménye 162 watt. A PAR lámpák sokféle funkcióval rendelkezhetnek, például beépített programokkal, DMX vezérléssel vagy vezeték nélküli távirányítóval, ami lehetővé teszi a könnyű használatot és a sokoldalú beállítást. Ezek a lámpák gyakran használatosak élő színpadi előadásokon, koncerteken, DJ szetteken, klubokban, de otthoni környezetben is kedvelt megvilágítási eszközként szolgálhatnak, például hangulatvilágításként vagy fényjátékok létrehozására. A hobbifelhasználás mellett alkalmasak professzionális alkalmazások létrehozására is.

A led fényforrások szabályozásokhoz DMX csatlakozó áll rendelkezésre, ahol a fényerő és természetesen más tulajdonságok (például a villogás és annak frekvenciája) fokozatmentesen szabályozható 0 és 100 értékek között.



8-3. ábra A PAR RGBW led fényforrás LED felülete



8-4. ábra A PAR RGBW led fényforrás kezelői felülete

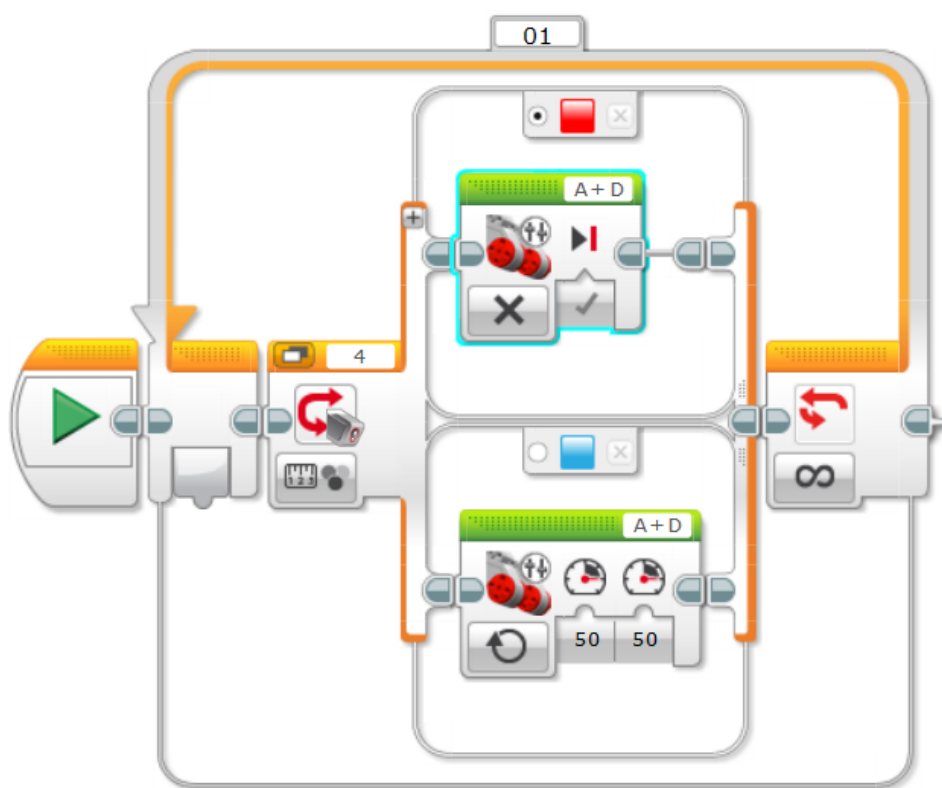
A PAR RGBW led fényforrás DMX irányítását (8-5. ábra), a fény színösszetételét, intenzitását és esetleg villogását egy FTS DMX 512 vezérlővel oldottuk meg. A DMX 512 egy szabványos kommunikációs protokoll a világítás terén, amely lehetővé teszi a fénytechnikai eszközök, például LED lámpák, dimmerek, LED-es mozgó lámpafejek és effektek közötti kommunikációt és vezérlést. A "DMX" a "Digital Multiplex" rövidítése, míg a "512" a protokoll átviteli kapacitását jelzi, ami 512 csatornát jelent.

Ez a protokoll soros digitális kommunikációs rendszeren keresztül működik, amely egyirányú adatátvitelt biztosít. Minden DMX-eszköz rendelkezik egy egyedi címmel (DMX-cím), amelyet a vezérlőegység beállításával lehet megadni. A vezérlőegység küldi a DMX jelüzeneteket, amelyek tartalmazzák a különböző fényeffektek paramétereit, például a szint, a fényerőt vagy a mozgást.

A DMX 512 protokoll nagyon rugalmas, és lehetővé teszi a sok eszköz egyidejű vezérlését. Gyakran használják élő színpadi előadásokon, koncerteken, ahol pontos és szinkronizált fényeffektek szükségesek. A protokoll lehetővé teszi a szinkronizált fényeffektek létrehozását, valamint a fények dinamikus vezérlését és programozását.



8-5. ábra FTS DMX 512 vezérlő



8-6. ábra Színfelismerés a LEGO saját programozó felületén

A LEGO Mindstorms EV3 fényérzékelő szenzor programozását elkészítettük a LEGO saját programozási felületén és Python programozási környezetben egyaránt (8-6. ábra).

A LEGO Mindstorms EV3 robothoz különféle Python csomagok érhetők el, amelyek lehetővé teszik a kommunikációt a számítógép és a robot között. Az egyik ilyen csomag a *ev3dev* csomag, amelyet telepíteni kell a számítógépre és a LEGO Mindstorms EV3-ra is. [17]

Az alábbi kód létrehoz egy *ColorSensor* objektumot, majd egy végtelen ciklusban olvassa ki a szint a fényérzékelőről és kiírja a konzolra. Amikor a felhasználó megszakítja a programot (pl. CTRL+C billentyűkombináció lenyomásával), a program alapállapotba kerül.


```

from ev3dev2.sensor.lego import ColorSensor

import time

# Létrehozunk egy új ColorSensor objektumot
color_sensor = ColorSensor()

try:

    while True:

        # Olvassuk ki a színt a fényérzékelőről

        color = color_sensor.color_name

        # Kiírjuk a színt a konzolra

        print("Detected color:", color)

        # Várunk egy kicsit, mielőtt újra kiolvassuk a színt

        time.sleep(0.5)

except KeyboardInterrupt:

    # Ha a felhasználó megszakítja a programot, tisztítjuk a GPIO-t

    color_sensor.close()

```

Amennyiben a piros illetve a kék színt akarjuk felismertetni a robottal, akkor a következő kóddal tehetjük meg:

```

from ev3dev2.sensor.lego import ColorSensor

import time

# Létrehozunk egy új ColorSensor objektumot

color_sensor = ColorSensor()

```

```

try:

    while True:

        # Olvassuk ki a színt a fényérzékelőről

        color = color_sensor.color_name

        # Ellenőrizzük, hogy a szín piros-e

        if color == 'red':

            print("Piros szín érzékelve!")

        # Ellenőrizzük, hogy a szín kék-e

        elif color == 'blue':

            print("Kék szín érzékelve!")

        else:

            print("Egyéb szín érzékelve:", color)

        # Várunk egy kicsit, mielőtt újra kiolvassuk a színt

        time.sleep(0.5)

except KeyboardInterrupt:

    # Ha a felhasználó megszakítja a programot, tisztítjuk a GPIO-t

    color_sensor.close()

```

Ez a kód létrehoz egy ColorSensor objektumot, majd egy végtelen ciklusban olvassa ki a színt a fényérzékelőről, és kiírja a konzolra (8-7., 8-8., 8-9. ábra). Amikor a felhasználó megszakítja a programot (pl. CTRL+C billentyűkombináció lenyomásával), a program alapállapotba kerül.

Ahhoz, hogy a LEGO Mindstorms EV3 robot Python kódja megálljon, amikor piros színt érzékel, és 50%-os sebességgel haladjon tovább, amikor kék színt érzékel, a kódot kell

módosítani a motorok vezérlésére és a színszenzor bemenetek figyelésére. Erre lehet ez egy jó példa:

```

from ev3dev2.motor import LargeMotor, OUTPUT_A, OUTPUT_B, SpeedPercent,
MoveTank

from ev3dev2.sensor.lego import ColorSensor

import time


# Motorok inicializálása

left_motor = LargeMotor(OUTPUT_A)

right_motor = LargeMotor(OUTPUT_B)

tank_drive = MoveTank(OUTPUT_A, OUTPUT_B)


# Színszenzor inicializálása

color_sensor = ColorSensor()


try:

    while True:

        # Szín érzékelése

        color = color_sensor.color_name


        # Ha piros színt érzékel

        if color == 'red':

            print("Piros szín érzékelve! Megállás...")

            # Motorok leállítása

            tank_drive.off()

```

```

# Ha kék színt érzékel

elif color == 'blue':

    print("Kék szín érzékelve! Haladás 50% -os sebességgel...")

    # Motorok 50% -os sebességgel előre haladása

    tank_drive.on(SpeedPercent(50), SpeedPercent(50))


# Várakozás, hogy ne olvasson be túl gyorsan

time.sleep(0.1)


except KeyboardInterrupt:

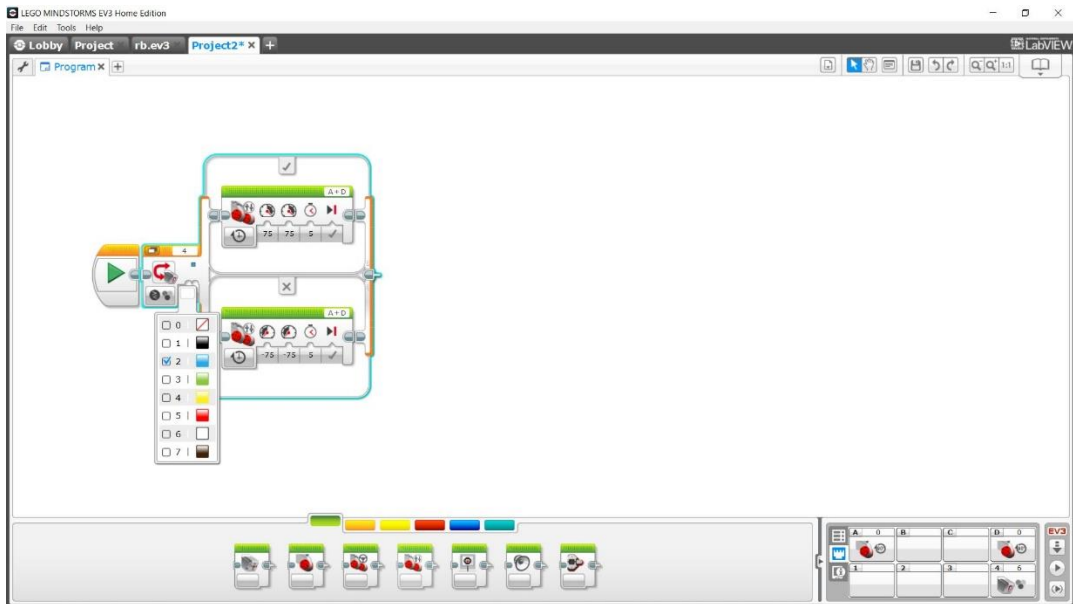
    # Ha a felhasználó megszakítja a programot, tisztítjuk a GPIO-t

    tank_drive.off()

```

Ebben a kódban az ev3dev2 modul MoveTank osztályát használjuk, hogy vezéreljük a két motorunkat egyidejűleg. A LargeMotor osztályt pedig az egyes motorok inicializálására és vezérlésére használjuk. A ciklus minden egyes iterációjában a színszenzor érzékeli a színt, majd az *if* és *elif* utasítások segítségével meghatározzuk, hogy a detektált szín piros vagy kék-e. Ezután a következő műveleteket hajtjuk végre: a piros esetén a robot megáll, a kék esetén pedig 50% -os sebességgel előre halad. Fontos megjegyezni, hogy a pontos sebesség beállítását minden egyes esetben külön is megváltoztathatjuk, az on és off lehetőségeket is használjuk a motorok vezérlésére. f15]

Fontos lehet ipari környezetben az az eset, amikor a robot mindkét színt, a pirosat és a kéket is érzékeli, illetve ebben az esetben akár a lila szín is megjelenik bizonyos területeken. Erre reagál a robot, miközben jelzi a kijelzőjén a piros és a kék szín határát a következő kód esetén.



8-7. ábra A színszenzor beállítása-1

```
from ev3dev2.motor import LargeMotor, OUTPUT_A, OUTPUT_B, SpeedPercent,
MoveTank
```

```
from ev3dev2.sensor.lego import ColorSensor
```

```
from ev3dev2.display import Display
```

```
import time
```

```
# Motorok inicializálása
```

```
left_motor = LargeMotor(OUTPUT_A)
```

```
right_motor = LargeMotor(OUTPUT_B)
```

```
tank_drive = MoveTank(OUTPUT_A, OUTPUT_B)
```

```
# Színszenzor inicializálása
```

```
color_sensor = ColorSensor()
```

Kijelző inicializálása

lcd = Display()

try:

while True:

Szín érzékelése

color = color_sensor.color_name

Ha piros és kék színt is érzékel

if 'red' in color and 'blue' in color:

print("Piros és kék szín érzékelve! Határ megjelenítése...")

lcd.text_pixels("Határ", x=60, y=60, text_colour=lcd.WHITE)

Ha piros színt érzékel

elif color == 'red':

print("Piros szín érzékelve! Megállás...")

Motorok leállítása

tank_drive.off()

Ha kék színt érzékel

elif color == 'blue':

print("Kék szín érzékelve! Haladás 50% -os sebességgel...")

Motorok 50% -os sebességgel előre haladása

tank_drive.on(SpeedPercent(50), SpeedPercent(50))

Várakozás, hogy ne olvasson be túl gyorsan

```
time.sleep(0.1)
```

except KeyboardInterrupt:

```
# Ha a felhasználó megszakítja a programot, tisztítjuk a GPIO-t
```

```
tank_drive.off()
```

A fenti robotaktivitás folyamatábrája a következő:

graph TD;

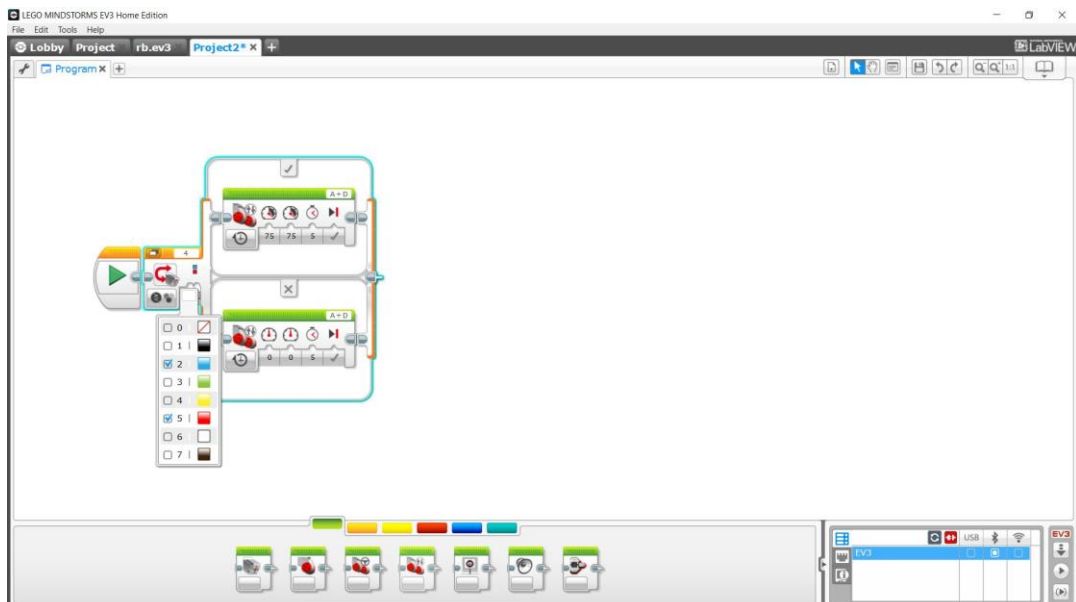
A[Fényérzékelő érzékeli a szint] -->|Piros| B{Megállás};

A -->|Kék| C{Haladás 50% sebességgel};

A -->|Piros és kék| D[Határ megjelenítése a kijelzőn];

B --> E[Motorok leállítása];

C --> F[Motorok 50% -os sebességgel előre];

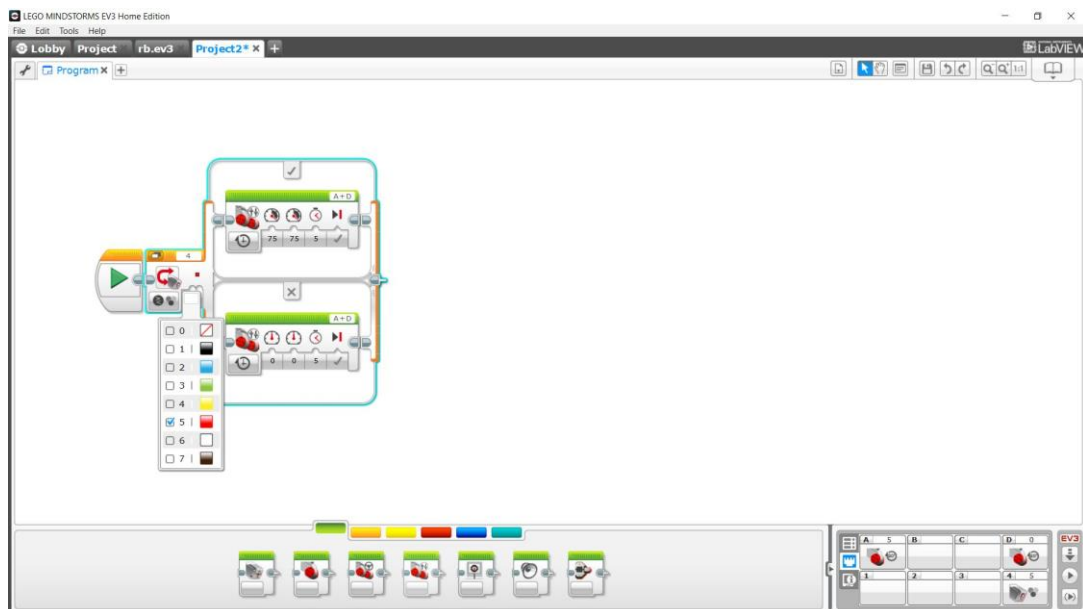


8-8. ábra A színszenzor beállítása-2

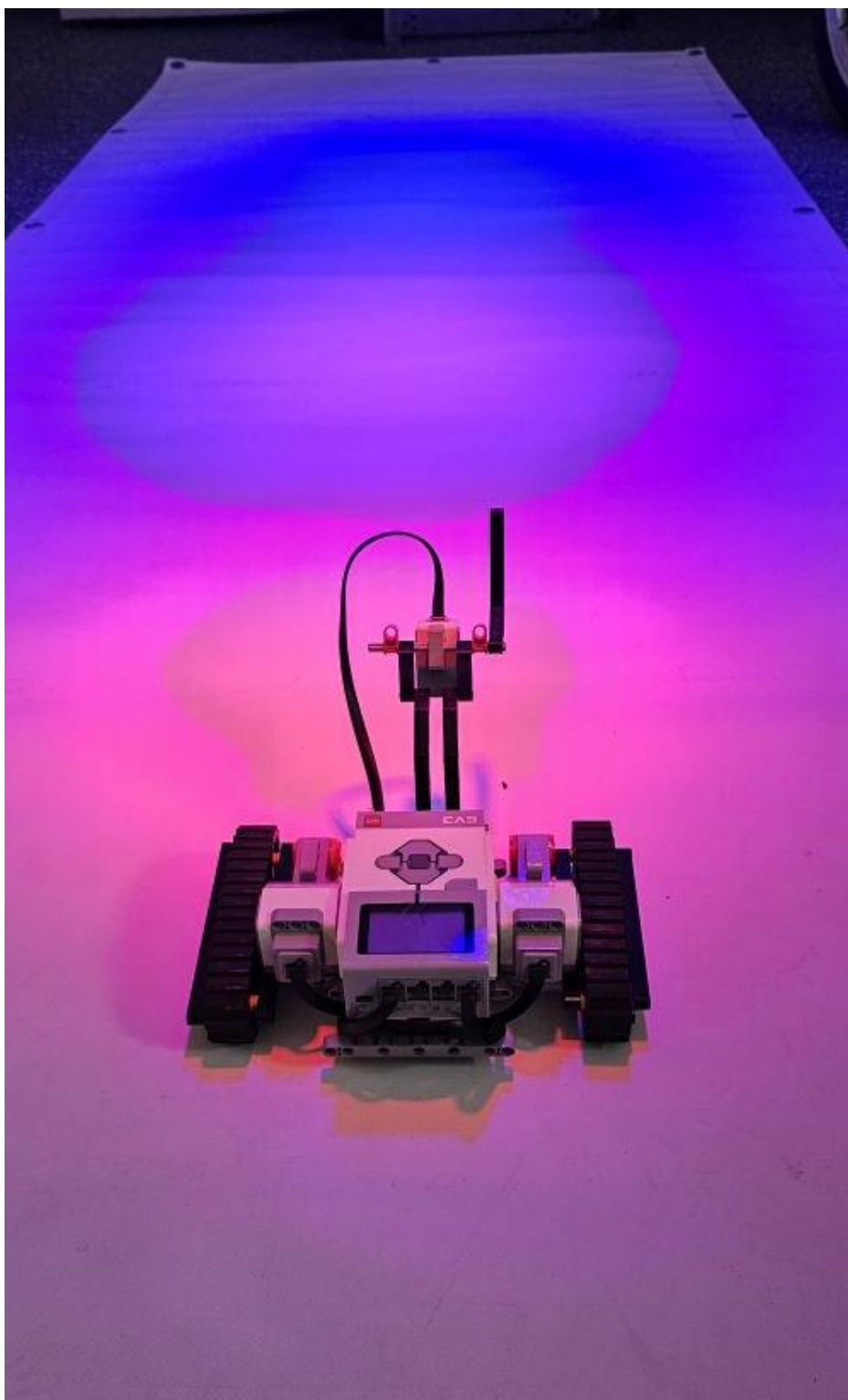
8.2 Prototípus berendezés tesztelése

A prototípus kísérleti elrendezés kialakításához a következő elemeket használtuk fel:

- nem csillogó, fehér, egyenletes felület az ipari burkolatok modellezésére,
- LEGO Mindstorms EV3 robot TRACK3R vázként felépítve, rajta a változtatható pozíciójú fény- és színérzékelővel,
- a robot mozgási területe felett elhelyezett három darab PAR LED 54 megvilágító fényforrás, melynek színei fokozatmentesen beállíthatók, ezzel modellezve az ipari környezetben előforduló színekkel megjelölt területeket,
- DMX vezérlő a három PAR LED 54 fényforrás fokozatmentes irányításához DMX protokoll segítségével, kialakítva a különböző színekkel megjelölt területeket,
- LEGO Mindstorms EV3 Home Edition software, Bluetooth kapcsolaton kommunikálva az EV3 robottal.



8-9. ábra A színszenzor beállítása-3



8-10. ábra A munkaterület, a megvilágítása

A LEGO Mindstorms EV3 robot programozását elvégeztük a saját programozói felületén is, ahol a robot, szimulálva az ipari körülményeket (8-10., 8-11. ábra) mozog előre vagy visszafelé a különböző színekkel megjelölt szektorok között annak megfelelően, hogy piros, kék vagy mindkettő fénnel van-e megvilágítva a felület.



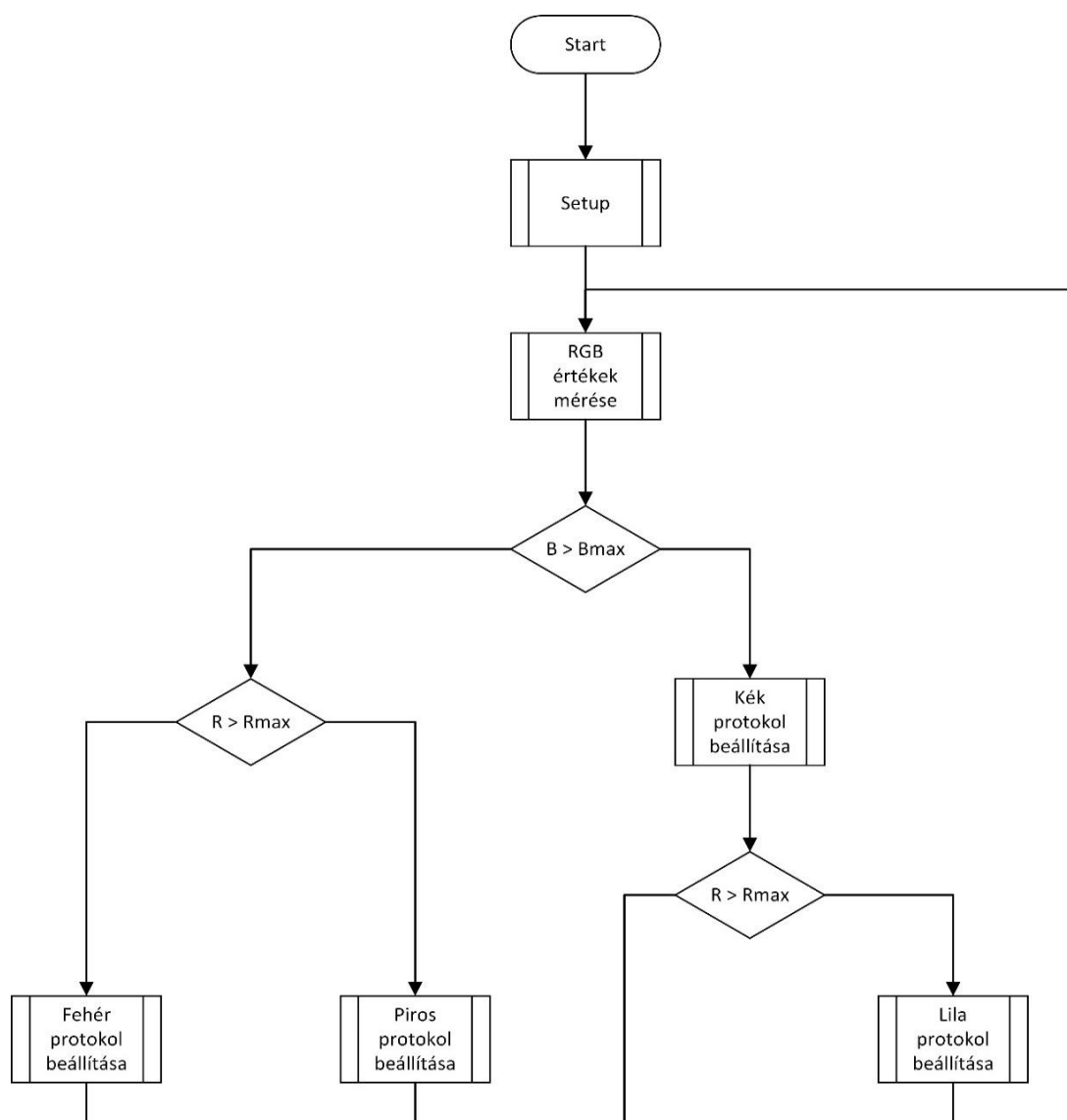
8-11. ábra A munkaterületet megvilágító fényforrások

A kézzel megvilágított területeken a mobil robot szabadon közlekedhet, ami ebben az esetben az EV3 robot előre haladását jelenti tankhajtással, ekkor mindkét oldalon a lánc-talp a maximális motorsebesség 75%-ával forog. A piros fénnel megvilágított területek nem elérhetők a robot számára, ebben a zónában csak a munkavállaló mozoghat szabadon. Az EV3 robot piros színt érzékelve visszafelé kezd el mozogni, mozgása a tankhajtás mindkét oldali -5 –es értéke miatt egyenes vonalú (8-12. ábra). Kiérve a tiltott területről a robot megáll, és újra elindul másik irányba. Abban az esetben, ha mindkét fénnel meg van világítva a tér, a robot és a munkavállaló egyaránt használhatja azt szabadon. Ebben az esetben az EV3 robot tovább halad.



8-12. ábra Az alkotás ihletett pillanatai

A munkaterület megvilágítása a három PAR LED megvilágító elhelyezkedése (-11. ábra) miatt egyenletes, a három világító fénye kis átfedésben van egymással, a színek szabadon megváltoztathatók. Jelen modellünk esetén a piros és a kék terület között egy mindkét színnel megvilágított rész helyezkedett el, így a robot a határterületeknél megváltoztatta mozgását. A fenti képek színhűsége nem tökéletes, a valóságban a piros, a kék és a mindkettőt tartalmazó terület jól felismerhető a robot számára is (8-13. ábra).



8-13. ábra A program folyamatábrája

A MATLAB felületén keresztül teszteltük azt, hogy mit „lát” a robot az előrehaladása során. Figyelembe vettük a piros és a kék szín intenzitásnak változását, azt, hogy a robot hol kezdi el érzékelni a második színt és meddig érzékeli az elsőt. Ehhez a Matlab-ban a következő kódot alkalmaztuk:

```
% Ellenőrizzük, hogy telepítve van-e a LEGO MINDSTORMS EV3 támogatási csomag

if ~matlab.addons.isAddonInstalled('LEGO MINDSTORMS EV3')

    error('LEGO MINDSTORMS EV3 support package is not installed.');

end

% Csatlakozás az EV3 robothoz USB kapcsolaton keresztül

EV3 = legoev3('usb');

% Ellenőrizzük a csatlakozást

if isempty(EV3)

    error('Nem sikerült csatlakozni az EV3 robothoz.');

end

% Színszenzor inicializálása (4-es porton)

colorSensor = colorSensor(EV3, 4);

% Előkészületek a grafikonhoz

figure;

h = animatedline('Color', 'r');

ax = gca;

ax.YGrid = 'on';
```

```

ax.YLim = [0 100]; % Feltételezve, hogy az intenzitás értéke 0 és 100 között van

xlabel('Time (seconds)');

ylabel('Red Intensity');

title('Red Color Intensity Over Time');


% Időzítő beállítása

stopTime = 60; % 1 percig tartó folyamatos kiolvasás

tic;


% Folyamatos adatkiolvasás és grafikon frissítés

while toc < stopTime

    % Színintenzitás olvasása piros szín esetén

    colorIntensity = readLightIntensity(colorSensor, 'reflected'); % Visszavert fény
    olvasása

    % Aktuális idő olvasása

    t = toc;

    % Adatok hozzáadása a grafikonhoz

    addpoints(h, t, colorIntensity);

    drawnow;

end

disp('Adatgyűjtés befejezve.');
```

A kék szín vizsgálatához a következő kódot alkalmaztuk. Itt már nem kellett vizsgálni a csatlakozást és a színszenzor állapotát:

```
% Előkészületek a grafikonhoz

figure;

h = animatedline('Color', 'b');

ax = gca;

ax.YGrid = 'on';

ax.YLim = [0 100]; % Feltételezve, hogy az intenzitás értéke 0 és 100 között van

xlabel('Time (seconds)');

ylabel('Blue Intensity');

title('Blue Color Intensity Over Time');


% Időzítő beállítása

stopTime = 60; % 1 percig tartó folyamatos kiolvasás

tic;


% Folyamatos adatkiolvasás és grafikon frissítés

while toc < stopTime

    % Színintenzitás olvasása piros szín esetén

    colorIntensity = readLightIntensity(colorSensor, 'reflected'); % Visszavert fény
olvasása

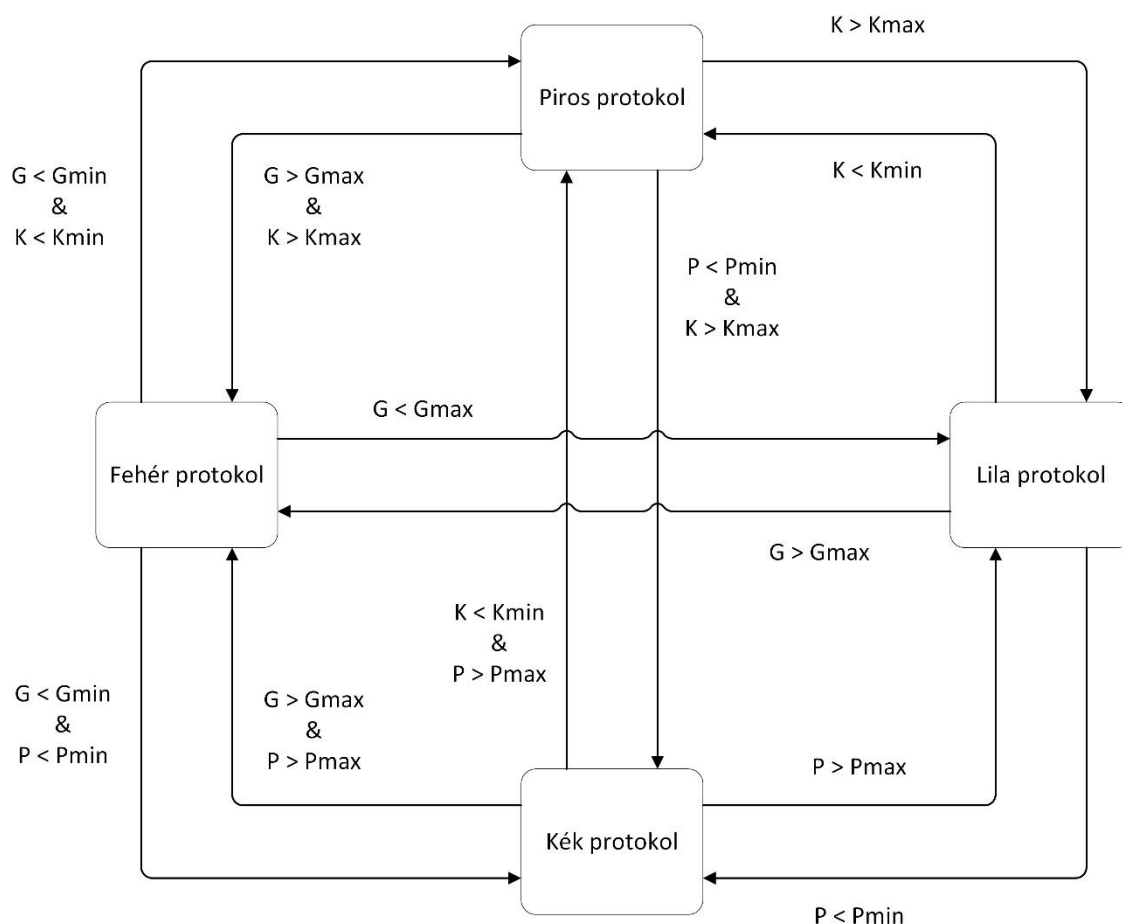

    % Aktuális idő olvasása

t = toc;


    % Adatok hozzáadása a grafikonhoz
```

```
addpoints(h, t, colorIntensity);  
drawnow;  
end  
  
disp('Adatgyűjtés befejezve.');
```

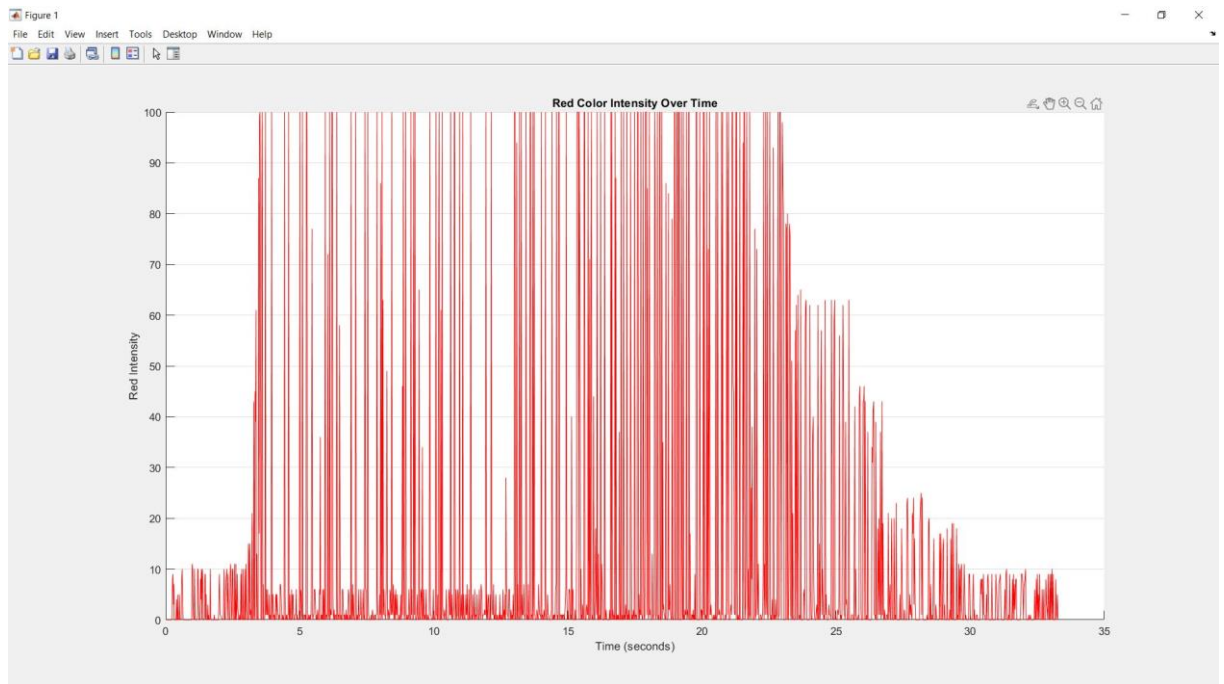
Első lépésben ellenőriztük a LEGO Mindstorms EV3 és a számítógép, illetve a MATLAB kapcsolatát 8-14. ábra). Második lépésként egy üres grafikon került létrehozásra, amely folyamatosan frissül az új mért adatokkal. A grafikon Y-tengelyén az intenzitás értékek (0-100)



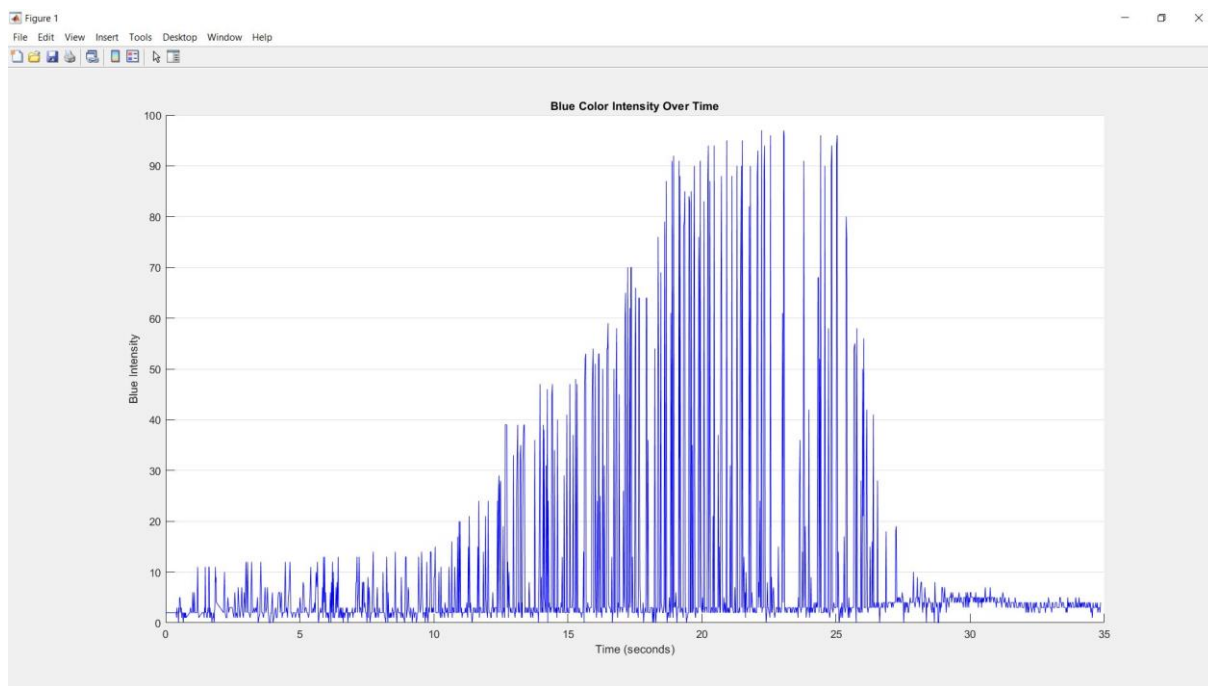
8-14. ábra Állapotdiagram

vannak és egy *while* ciklus segítségével 60 másodpercig folyamatosan kiolvastuk a színszenzort. A piros, majd a kék szín intenzitása került kiolvasásra és jelent meg a grafikonon. Az adatmegjelenítés során az *animatedline* és *drawnow* funkciók segítségével a grafikon valós időben frissült az új adatokkal. Ez a kód biztosítja, hogy a LEGO EV3 színszenzor által mért piros szín intenzitása folyamatosan megjelenjen egy grafikonon MATLAB-ban, így könnyen nyomon követhető a piros szín intenzitásának változása az idő függvényében. A kék szín esetében is hasonló módon jártunk el. [10]

Megállapítható, hogy a piros és a kék színt is jól ismerte fel (8-15., 8-16. ábra) az EV3 robot, előre haladása során a színátmenet helye jól felismerhető a grafikonon, a piros csökkenő, míg a kék növekvő intenzitása jól észlelhető. Ennek ott lehet jelentősége, hogy ipari körülmények között a robot, az emberhez hasonlóan képes megkülönböztetni a fénynyel megjelölt területeket és ennek megfelelően változtatni mozgási sebességét és irányát.



8-15. ábra A piros szín intenzitásának változása



8-16. ábra A kék szín intenzitásának változása

Megállapítható, hogy a piros és a kék színt is jól ismerte fel az EV3 robot, előre haladása során a színátmenet helye jól felismerhető a grafikonon, a piros csökkenő, míg a kék növekvő intenzitása jól észlelhető. Ennek ott lehet jelentősége, hogy ipari körülmények között a robot, az emberhez hasonlóan képes megkülönböztetni a fénnel megjelölt területeket és ennek megfelelően változtatni mozgási sebességét és irányát. [18]

A robotok színelismerési képessége számos területen nyújt jelentős előnyöket:

- objektumfelismerés: A robotok könnyebben felismerik és megkülönböztetik a különböző tárgyakat színek alapján. Ez különösen hasznos lehet gyártósorokon, ahol a robotoknak gyorsan és pontosan kell kiválogatni különböző színű alkatrészeket.
- minőségellenőrzés: a színelismeréssel a robotok képesek azonosítani a termékek színbeli eltéréseit, így hatékonyan végezhetnek minőségellenőrzést

- Mezőgazdasági alkalmazások és növénygondozás: a színfelismerés segíthet a növények állapotának megítélésében, például a levelek sárgulásának vagy a gyümölcsök érési szakaszának felismerésében,
- navigáció és környezetérzékelés: a robotok szín- és fényalapú navigációval jobban tudnak tájékozódni komplex környezetben, önvezető járművek vagy ipari robotok esetén gyakran alkalmazzák is ezt a módszert,
- kereskedelem és szolgáltatások: a robotok színfelismerési képességekkel könnyebben segíthetnek árucikkek azonosításában vagy színes reklámanyagok kezelésében,
- ember-robot interakció: a színfelismerés javíthatja a robotok és emberek közötti interakciót, kollaboratív munkahelyek kialakítását segítve ezzel.

9. ÖSSZEFOGLALÓ

A robotok immár életünk részévé váltak úgy, hogy szinte észrevétlenül beépültek az ipari termelés mellett a mezőgazdasági termékelőállítás folyamataiba és mindannyiunk életébe is. A mobilrobotok ipari termelésben való alkalmazásának egyik feltétele, hogy tudjanak önállóan tájékozódni környezetükben, amit többféleképpen képesek megoldani. Ennek egyik módja a fény- illetve színérzékelés, amikor ezek felismerésével navigálnak mozgásuk során. A LEGO Mindstorms EV3 robot szenzorainak segítségével jól szimulálható a fény alapú mobilrobot navigáció, a megfelelő ipari környezet kialakításával modellezhető a robotok viselkedése.

A kollaboratív robotok képesen az ember és robot által közösen végzett munkára, aminek biztonsági aspektusai alapvető fontosságúak a munkakörnyezet kialakításával kapcsolatosan. A robotok és az emberek a munkatérben csak megfelelő helyeken mozoghatnak szabadon, vannak tiltott részek a robotok és a munkavállalók számára is. Ennek megkülönböztetésére a színelapú munkaterület kijelölés az egyik legegyszerűbb és bizonyos szempontból költséghatékony megoldás is.

A vizsgálataink során a LEGO Mindstorms EV3 robot segítségével vizsgáltuk a robot szín- és fényérzékelőjének érzékelési lehetőségeit, a különböző programozási lehetőségek hatását a robot mozgására, a piros és a kék színnel jelölt területek megfelelő érzékelését.

Összefoglalásként azt a végkövetkeztetést vonhatjuk le, hogy a mobilrobotok érzékelői alkalmasak navigációs célokra, képesek pontosan felismerni és megkülönböztetni a színeket és ezáltal jól használhatók akár ipari környezetben is navigációs és ehhez kötődő munkabiztonsági célok elérésére egyaránt. A színekkel kijelölt munkaterületek koncepciója alkalmas a kollaboratív robotok széleskörű alkalmazására.

10. SUMMARY

Robots have now become a part of our lives in such a way that they have been integrated almost imperceptibly into the processes of agricultural production and into the lives of all of us, in addition to industrial production. One of the conditions for the use of mobile robots in industrial production is that they can find their way around their environment autonomously, which they can solve in several ways. One way of doing this is light and colour sensing, when they navigate by recognizing them during their movements. With the help of the sensors of the LEGO Mindstorms EV3 robot, the light-based mobile robot navigation can be well simulated, and the behaviour of the robots can be modelled by creating the appropriate industrial environment.

Collaborative robots are capable of work performed jointly by humans and robots, the safety aspects of which are of fundamental importance in relation to the design of the work environment. Robots and people can only move freely in the workplace in appropriate places, there are also prohibited areas for robots and workers. To differentiate this, the colour-based work area designation is one of the simplest and, in some respects, cost-effective solutions.

During our tests, we used the LEGO Mindstorms EV3 robot to examine the detection capabilities of the robot's colour and light sensor, the effect of different programming options on the robot's movement, and the proper detection of the red and blue areas.

As a summary, we can draw the conclusion that the sensors of mobile robots are suitable for navigation purposes, they are able to accurately recognize and distinguish colours and can therefore be used well even in an industrial environment to achieve both navigation and related occupational safety goals. The concept of colour-marked work areas is suitable for the wide application of collaborative robots.

11. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] www.lego.com
- [2] Kiss R: A Mindstorms EV3 robot programozásának alapjai. National Instruments, 2014. https://www.hdidakt.hu/adat/dw_anyagok/dw_74.pdf
- [3] www.mathworks.com
- [4] <https://uk.mathworks.com/hardware-support/lego-mindstorms-ev3-matlab.html>
- [5] <https://uk.mathworks.com/hardware-support/lego-mindstorms-ev3-simulink.html>
- [6] <https://www.lego.com/biassets/bi/6124045.pdf>
- [7] A. Behrens et al.: First Steps into Practical Engineering for Freshman Students Using MATLAB and LEGO Mindstorms Robots. : Acta Polytechnica Journal of Advanced Engineering, Volume 48, 2020, Pages 44-49, ISSN 1210-2709
- [8] V. Chaudhary et al.: An Experience Report on Teaching Programming and Computational Thinking to Elementary Level Children Using Lego Robotics Education Kit 2016 IEEE Eighth International Conference on Technology for Education (T4E), Mumbai, 2016, pp. 38-41, doi: 10.1109/T4E.2016.016.
- [9] N. Montes et al.: A novel educational platform based on matlab/simulink/lego ev3 for teaching with robots, 2018. INTED2018 proceedings, pp. 975-980. ISSN: 2340-1079
- [10] https://uk.mathworks.com/support/search.html/videos/obstacle-avoidance-using-lego-mindstorms-ev3-and-simulink-119209.html?q=&fq=asset_type_name:video%20category:physmod/sm/index&page=1
- [11] L. Pérez, i. Rodríguez, N. Rodríguez, R. Usamentiaga, and D. F. García, "Robot Guidance Using Machine Vision Techniques in Industrial Environments: A Comparative Review," Sensors, vol. 16, p. 335, Mar. 2016.

- [12] S. Lu, C. Xu, R. Y. Zhong, and L. Wang, “A RFID-enabled positioning system in automated guided vehicle for smart factories,” *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 44, pp. 179–190, July 2017.
- [13] Y. Lee, J. Kim, W. Yu, and K. Moon, “An RFID-based Real-time Localization of Multiple AGV (Automatic Guided Vehicle) System for the Guided Path Navigation,” *International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation*, p. 2, 2016.
- [14] Dr. Györök György Perifériák OE AREK 8003, Budapest 2013
- [15] G. Lugaresi, N. Frigerio, A. Matta: A new learning factory experience exploiting LEGO for teaching manufacturing system integration. 10th Conference on Learning Factories, CLF2020, Procedia Manufacturing, Volume 45, 2020, Pages 271-276, ISSN 2351-9789
- [16] D. Meijers: Building the Ultimate Machine using MATLAB/Simulink, 2018.
<https://esc.fnwi.uva.nl/thesis/centraal/files/f513216643.pdf>
- [17] <https://www.digikey.hu/hu/articles/how-to-safely-incorporate-cobots-in-industrial-workplaces>
- [18] www.ev3dev.org
- [19] <https://www.robocamp.eu/en/blog/lego-mindstorms-ev3-classroom-app/>
- [20] Axel Jacobi von Wangelin, A flow reactor setup for photochemistry of biphasic gas/liquid reactions, DOI: 10.3762/bjoc.12.170

12.ÁBRAJEGYZÉK

2-1. ábra „Intelligens téglá” a központi egység [2]	3
2-2. ábra Nagy szervomotor [2]	4
2-3. ábra Közepes szervomotor [2]	4
2-4. ábra Érintés érzékelő [2]	5
2-5. ábra Gyorsulás és perdület (elfordulás) érzékelő [2]	6
2-6. ábra Infra érzékelő [2]	6
2-7. ábra Infravörös érzékelő [2]	7
3-1. ábra Az EV3 fejlesztő környezetének egy képernyője [19]	8
5-1. ábra Az additív RGB technika értelmezése [14]	15
5-2. ábra Egy lézer LED a hűtőtömbbel [14]	16
5-3. ábra Egy LLED teljesítmény-spektrum eltolódás diagrammja [14]	17
5-4. ábra Különböző LED-ek spektrális intenzitása, fekete egy kompozit fényforrásspektruma. [20]	18
5-5. ábra A PN átmenet fotoelektromos működése [14]	19
5-6. ábra Egy fototranzisztor I_C - U_{CE} karakterisztikája fényintenzitásban (E_v) paraméterezve [11]	20
5-7. ábra Egy infra tartományt érzékelő PIN dióda spektrális érzékenysége a hullámhossz függvényében	21
5-8. ábra Infravörös jeladó [5]	21
6-1. ábra Iránytű szenzor [5]	24
7-1. ábra Kollaboratív robot kockázat felmérése [16]	29
8-1. ábra TRACK3R robot [1]	30
8-2. ábra A kész robot	31
8-3. ábra A PAR RGBW led fényforrás LED felülete	33
8-4. ábra A PAR RGBW led fényforrás kezelői felülete	33
8-5. ábra FTS DMX 512 vezérlő	34
8-6. ábra Színfelismerés a LEGO saját programozó felületén	35
8-7. ábra A színszenzor beállítása-1	40

8-8. ábra A színszenzor beállítása-2	42
8-9. ábra A színszenzor beállítása-3	43
8-10. ábra A munkaterület, a megvilágítása	44
8-11. ábra A munkaterületet megvilágító fényforrások.....	45
8-12. ábra Az alkotás ihletett pillanatai	46
8-13. ábra A program folyamatábrája	47
8-14. ábra Állapotdiagram	52
8-15. ábra A piros szín intenzitásának változása	53
8-16. ábra A kék szín intenzitásának változása	54