

Országos Tudományos Diákköri Konferencia 2013

Esztétikus markerek robot lokalizációhoz

Készítették: Haláchy Nóra
Schmidt Dorottya
(BSc, II. évf. ipari termék- és formatervező hallgatók)

Konzulensek: Dr. Korondi Péter (MOGI, egyetemi tanár)
Devecseri Viktor (MOGI, PhD hallgató)
Farkas Zita (GT3, PhD hallgató)



A dolgozat bemutatását a TÁMOP - 4.2.2.B-10/1--2010-0009
"Új tehetséggondozó programok és kutatások a Műegyetem tudományos műhelyeiben" című program
és az MTA-ELTE Összehasonlító Etológiai Csoport (Csoport száma: MTA 01 031) támogatta.

TARTALOMJEGYZÉK

Összefoglaló	4
Abstract	5
1 Bevezetés	6
2 Információgyűjtés	8
2.1 Mobil robotok	8
2.2 Markerek	9
2.3 Megvalósult kódrendszerek	9
2.3.1 ARToolKIT	9
2.3.2 QR-kód	10
2.3.3 Microsoft Tag	11
2.4 Robotok csoportosítása	12
2.4.1 Etorobot technikai leírása	12
2.4.2 A robot paraméterei	14
2.5 Kinect	15
2.5.1 Paraméterek	15
2.5.2 Működése	16
2.5.3 Szoftveres architektúra	17
2.6 Színtan	19
2.6.1 Az emberi szem	19
2.6.2 Színek jellemzői	21
2.6.3 A CIE színrendszer	22
2.6.4 A Coloroid színrendszer	22
2.6.5 Színek harmóniája	24
2.7 A tárgyak láthatósága	26
2.8 Szimmetria	28
3 Marker felismerés elve	29
3.1 Kamera modell	29
3.1.1 Intrinsic paraméterek	29
3.1.2 Extrinsic paraméterek	30

3.2	A kamera képének kialakulása	31
3.2.1	Transzformálás kameratérbe	31
3.2.2	Perspektivikus vetítés	31
3.3	Kamera pozíciójának meghatározása	32
4	Következtetés	33
5	Tervezés	34
5.1	Esztétikus markerek - koncepcióalkotás	34
5.2	Egy kis kitekintés: mi is az az esztétikum	37
5.3	Különböző textúrájú markerek	38
5.4	Koncepcióalkotás – mátrix típusú ötletek	39
6	Közüvélemény kutatás	41
6.1	Kreatív kísérlet	41
6.2	Kérdőíves kutatás kiértékelése	44
6.3	Összegzés	49
7	A markerek kódolása	50
7.1	Színek és harmóniapárok	52
7.2	Konklúzió	56
7.3	Feladatpontosítás	56
8	Mérés	57
8.1	ARToolKit mérés	57
8.2	Spectralight III	59
8.3	Esztétikus markerek mérése	59
9	További ötletek	64
9.1	Követelmények	64
9.2	Egy otthoni robot-lokalizációs rendszerének kiépítési terve	67
10	Marker elhelyezése	70
11	További fejlesztések	71
12	Konklúzió	79
13	Köszönetnyilvánítás	80
14	Irodalomjegyzék	81
15	Mellékletek	82
15.1	ARToolKit mérés eredmények	82
15.2	Kérdőív	83

ÖSSZEFOGLALÓ

A robotok a közeljövőben meg fognak jelenni otthonainkban. A technika mai állása szerint a legnagyobb problémát a robotok önálló helymeghatározása, helyválttatása (tájékozódás, akadálykerülés, pályatervezés stb.) jelenti.

Vajon útbaigazíthatjuk őket a jelenlétünk nélkül?

Az ilyen jellegű információ közlésére készítették az úgynevezett optikai markereket. Azonban a jelenleg használt markereket inkább a praktikusság alapján, mint az esztétikai szempontok szerint tervezték, így az emberek nem szívesen látnák otthonukban. Ki akar QR kódokkal teli falakkal a lakásában, munkahelyén együtt élni?

Dolgozatunkban ezekre az esztétikai problémákra keresünk megoldást. Az általunk tervezett markerek legfőbb követelménye a megjelenés, környezetbe illeszkedés valamint a gépi látás képfeldolgozásának megkönnyítése. A markerek lakásdíszként vagy a legmodernebb irodaházak folyosóján is megállják a helyüket. Nagy hangsúlyt fektettünk az információ sűrűsége és a redundanciára.

A kutatás során tanulmányoztuk a markereket, melyeket a robotok helymeghatározáskor használnak, továbbá felmértük milyen módon tudunk információt közölni a robotokkal. Készítettünk szín-, és formatanulmányokat, termékötleteket, melyek közül a legjobbakat prototípus formájában kihelyeztünk. Ellenőrző számításokkal tanulmányoztuk, hogy a különböző irányokban és távolságokban milyen pontosság érhető el a helymeghatározás tekintetében különböző fényviszonyok mellett.

Az esztétikus megjelenés és annak észlelése a kompozíció, tónus, mintázat, ritmus arányos megfogalmazásán alapul és egyben szubjektív vonzattal rendelkezik, így kutatásunk során nagy hangsúlyt fektettünk a felhasználók véleményére, megítélésére kérdőíves tesztek használatával.

Az esztétikus marker tervezése során a megjelenés és a gépi látással történő felismerés harmóniájának megvalósítása a célunk.

ABSTRACT

In the near future robots will appear in our homes. At the current state of science the greatest problem is caused by self-localization of robots (orientation, obstacle avoidance, path planning, etc.).

Could they be moved without requiring our presence?

Optical markers are generally developed for this kind of positioning. Existing markers were designed to be practical and not aesthetic, thus people did not welcome them in their homes. Who would want the walls of their home or work place to be filled with QR codes?

In this paper the main goal was to find a solution to aesthetic problems. The main requirements of the designed markers were pleasing appearance, to suit to the environment they are placed into and to make image processing easier for the robot. During the design process information density and redundancy were the main focus points.

Throughout the research we have studied markers, that are used for robot localization and it was assessed how information can be communicated to robots as well. Color and form studies were generated, product ideas were developed, the best of which were exhibited as prototypes. Control calculations were investigated, that what accuracies can be achieved by positioning markers in regard to various directions, distances and lighting conditions.

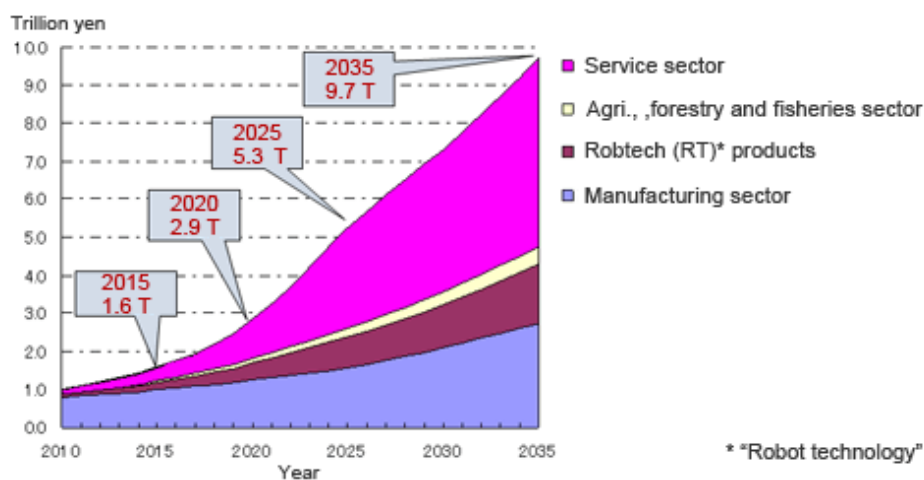
Aesthetical appearance depends on proportional harmonization of composition, tone, pattern and rhythm. Aesthetics has subjective aspects, thus during our research we also focused on the opinion and judgment of users with questionnaire tests.

Through marker aesthetics design the goal was to create harmony between human visual recognition and image processing of robots.

1 BEVEZETÉS

A munkánk során célunk a robotok önálló beltéri helymeghatározásához szükséges esztétikus markerek kialakítása volt. A jelenlegi marker alkalmazások az úgynevezett optikai markerek segítségével történnek, azonban a napjainkban a használt markereket inkább a praktikusság alapján, mint az esztétikai szempontok szerint tervezték, így az emberek nem szívesen látnák otthonukban. Dolgozatunkban az esztétikai problémákra keresünk megoldást. Az általunk tervezett markerek legfőbb követelménye a megjelenés, környezetbe illeszkedés valamint a gépi látás képfeldolgozásának megkönnyítése.

A kutatás során motivációnk sokrétű volt. A technológia fejlődésének köszönhetően egyre több robotot gyártanak legkülönbözőbb felhasználási és funkcionális igényeknek eleget téve, idő kérdése és a robotok munkahelyeinken, otthonainkban is jelen lesznek. Egy japán felmérés szerint 2035-re a szolgáltató robotok meg fogják haladni az ipari és gyártó robotok számát. (1. ábra) Ha ezekkel a robotokkal valóban emberi léttérben szeretnének feladatokat ellátni, akkor az alapvető tájékozódási, szociális és egyéb tulajdonságokkal rendelkezniük kell.



1. ábra – Robot ipar piaci előrejelzése [1]

Kíváncsiságunk hajtott előre, hogy feltérképezzük, milyen módon képesek a robotok a helymeghatározásra, amely elengedhetetlen a biztonságos, pontos és hatékony feladatvégzéshez.

A napjainkban használatos mobil robotok tájékozódása akadályelkerülő algoritmusok alapján, vagy mesterséges intelligenciával és gépi látás segítségével történik. Intelligencia hiányában a robotok feladatvégzése és szociális interakciója erősen korlátozott.

A gépi látást is felhasználó tájékozódásra és a robotok információval történő ellátására kifejlesztettek egy egységes rendszert az úgynevezett optikai markereket. Ilyen markereket használnak hamarosan mindenhol a vonalkódok helyett, ugyanis ezek lényegesen több információ hordozására képesek, mint a régebbi típusú vonalkódok, ugyanis ezek egy dimenzióban, a QR kódok azonban már két dimenzióban tárolják az adatokat. A QR kódok kialakításakor viszont a praktikusság volt az elsődleges szempont. A QR kódok fekete-fehér négyzetes elrendezése és az ipari markerek rideg, barátságtalan kinézete, az adott felhasználói környezethez igazodik, az előbbieket esetében az üzemi terület kiemelt helyein, a QR kódok esetében a termékek hátoldalán való elhelyezéssel a gyorsan leolvasható információ biztosított. Azonban a mi célunk az léttérben működő mobilis robotok útbaigazításához,

lokalizációjához szükséges fali markerek kidolgozása. Ebben az esetben a jelenlegi megoldások méret, és vizuális megjelenés szempontjából sem megfelelőek.

Megoldatlan feladat volt, hogy a lokalizáció megoldásához szükséges markerek a lehető legsztétikusabb és az adott felhasználási környezethez legjobban illeszkedő szempontok szerint legyenek megtervezve egy egységes rendszerben.

Az esztétikus markereket elsősorban olyan robotok útbaigazításához terveztük, melyek az emberi munkák elvégzésére lettek kifejlesztve, és a markerek segítségével a robotok önálló tájékozódásra képesek. Mivel a markerek kihelyezése eltérő stílusú, megjelenésű és funkciójú helyiségekben történik, ezért tervezésünk során figyelünk a változatosság lehetőségére, szem előtt tartva, hogy egyúttal egy egységes rendszert alkossunk. Feladatunk pontos megvalósításához elengedhetetlen volt a téma háttér irodalmának pontos áttekintése.

Munkálataink során elsősorban az ELTE Etológia tanszéken és a BME MOGI tanszéken szolgáltató szerep betöltésére kialakított robotok lokalizációjához készítettünk markereket.

2 INFORMÁCIÓGYŰJTÉS

2.1 Mobil robotok

Napjainkban egyre gyakoribb, hogy az emberek munkáit szolgáltató robotok segítik és látják el. Elterjedésük és számuk Japánban és Koreában a legnagyobb, de szinte már bármely nagyvárosban akad egy-egy darabjuk funkciójuknak megfelelő területen.

A mobil robotok meglehetősen sokszínűek, változatos vezérlési lehetőségekkel, változó szintű autonómiával, mesterséges intelligenciával, továbbá passzív vagy aktív szenzorokkal és mindebből kifolyólag rendkívül változó külső megjelenéssel bírnak rendeltetésüktől függően.

Egy sémára épül az Aethon cég TUG (2. ábra) és a Honvéd kórházban (3. ábra) vontató és szállítószerepet betöltő fejlett mobilrobotok. A teljesen egyedülálló gépek elszállítják a konténereket (amelyekben a steril eszközök, szennyesek, élelmiszer vagy akár műszerek vannak - természetesen külön-külön konténerben) az előre meghatározott helyekre. TUG robotok képesek vezérelni az automata ajtókat, felvonókat az USA több, mint 100 kórházában.



2. ábra – TUG robot



3. ábra – Honvéd kórházban található robot



Szintén az egészségügyben tűnik fel a Hospi névre hallgató autonóm robot (4. ábra), aki a japán kórházakban szállítja a gyógyszereket, valamint a betegek monitorozását is képes ellátni.



4. ábra – Hospi robot



5. ábra – Koreai robot őr

Koreában Robot őrök segítik az éjszakai biztonsági szolgálat munkáját (5. ábra). A másfél méter magas közel 70 kg-os gépek a rabokat videó rendszerrel figyelik meg és az intelligens

vezérlőrendszerüknek köszönhetően kiszűrik a szokatlan viselkedési formákat, erőszakos cselekményeket, majd jeleznek a biztonsági szolgálatnak. Mindemellett az örök egymásközi kommunikációra is képesek.

A legtöbb robot tájékozódása egy mesterséges intelligenciát és látórendszert igénylő módon optikai markerek segítségével történik, mellyel önálló döntéshozatalra képesek. De mik is ezek az optikai markerek?

2.2 Markerek

Megkülönböztetünk természetes, illetve mesterséges markereket. Természetes markerek lehetnek például az álmennyezet rácsozata, ajtók, ablakok, tárgyak sziluettje, irányító táblák, mint például „EXIT” felirat. Ezek előnye, hogy nem igényel munkát az elkészítésük, elhelyezésük kitalálása, azonban felismerésük lényegesen nehezebb, mint a mesterséges markereké. Ezek előnye nem csak az, hogy alapos tervezés után biztonságosabban, pontosabban, egyszerűbb algoritmussal legyenek felismerhetőek és a természetes markernél sokkal több adatot hordoznak, hanem az is, hogy sokkal gyorsabban történik az érzékelés és a beolvasás, amikor a robotnak real-time van szüksége pozíciót tartalmazó információkra.

A mesterséges markerek tovább csoportosíthatóak ipari és esztétikus markerekre, amely kategóriát a jelenlegi kutatási projekt kapcsán alapozzuk meg.

Az ipari markerek olyan környezetben használatosak, ahol a gyors, hatékony beolvasás a lényeg, a méret, szín, és az esztétikus megjelenés egyáltalán nem fontos. Ezek általában olyan markerek, amelyek lakókörnyezetben, élettérben elképzelhetetlenek lennének már csak a méretük miatt is, de leginkább amiatt, hogy nem illeszkednének egy otthon esztétikai kialakításába, berendezésébe.

Az esztétikus markerek célja, hogy az otthoni környezetbe teljesen beleilleszkedjenek, ne térjenek el a lakás designjától. Színek, speciális alakzatok hozzáadása a markerhez javítja a beolvashatóságot, kiemeli a markert a környezetből, ugyanakkor dekorációs funkciója is van az ember számára. Ezen tényezők egyensúlyba hozásával lehet elérni a végső célt: egy robot számára használható és az ember számára is élhető környezet kialakítása.

2.3 Megvalósult kódrendszerek

2.3.1 ARToolKIT

Az ARToolKIT [2] gépi látáson alapul, a programkönyvtár képes egy digitális kamera képe alapján valós időben markerek azonosításra, pozicionálására és követésére, ezáltal ad programozási alapot kiterjesztett valóság (Augmented Reality, AR) alkalmazások fejlesztésére. A markerek valós tárgyakhoz rögzíthető gépi látással könnyen feldolgozható jól elhatárolt négyzetek belsejükben egy az azonosításhoz szükséges mintával.

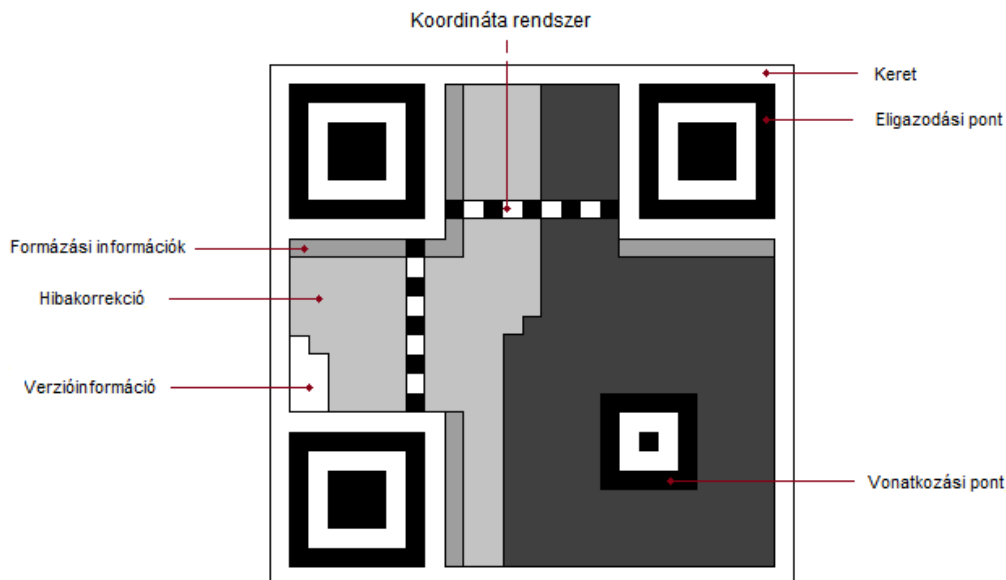
Az AR video see-through megoldásának hardveres feltétele egy kamera, ez adja meg a kiterjesztett valóság valós háttérét, és alapot szolgálhat markerek vizuális pozicionálásához is. Ha kamera optikáját ideális, perspektivikus (3D→2D) leképző rendszernek képzeljük el, és a leképzés képén találunk olyan sík sokszöget melynek eredeti geometriáját (körüljárását, szögeit, oldalhosszait) ismerjük, akkor az alakzat perspektivikus levetülésében azonosított

csúcseinak 2D-s koordinátaiból a vetítési transzformáció szabályai alapján visszafejthető az alakzat eredeti 3D pozíciója és orientációja.

Ebben a technológiában nagy lehetőségek rejlenek, különösen a reklámpar figyelt fel rá, és fejlesztés alatt áll egy rendszer, ami összekapcsolja a reklámot a kiterjesztett valósággal. Japánban óriásplakátokra helyezett markerrel lehet kiterjesztett 3D reklámokat megfigyelni mobil eszköz segítségével.

2.3.2 QR-kód

A QR-kód [3], mobilkód egy kétdimenziós vonalkód (6. ábra – A QR kód felépítése), melyet a japán Denso Wave cég fejlesztett ki 1994-ben. Jelentése Quick Response, azaz gyors válasz. Legnagyobb népszerűségnek Japánban örvend, de egyre jobban terjed Amerikában és már Európában is. A QR-kód hibátűrő képessége és széles adatformátum támogatottsága miatt vált hamar népszerűvé, annyira, hogy 2000 júniusában ISO/IEC 18004 nemzetközi szabvánnyá vált, amelyet azóta többször kiegészítettek. A QR-kód nyílt szabvány, viszont a tulajdonosi jogokat a Denso Wave fenntartja magának, így a Denso Wave regisztrált védjegye.



6. ábra – A QR kód felépítése

A QR-kód felhasználása az iparban, logisztikában, termelésben kialakított adathordozóként, könnyű használata miatt egyre jobban terjed. Rendkívül alkalmas adathordozóként való felhasználásra hirdetésekben, nyereményjátékokban és reklámokban. Ezenkívül alkalmas egyéb marketing eszközként való felhasználásra, illetve internetes üzenethordozóként (webcím, üzenet, sms, névjegy, GPS koordináták stb.), amit ezen az oldalon kívánunk megismertetni veletek. A Lufthansa nemrég vezetett be egy QR-kódos check-in rendszert, ahol az utas a telefonjára kapja a beszálláshoz szükséges QR-kódot, így nincs szükség nyomtatott beszállókártyára csak magára a telefonon lévő kódra, melyet beszállás előtt ellenőriznek.

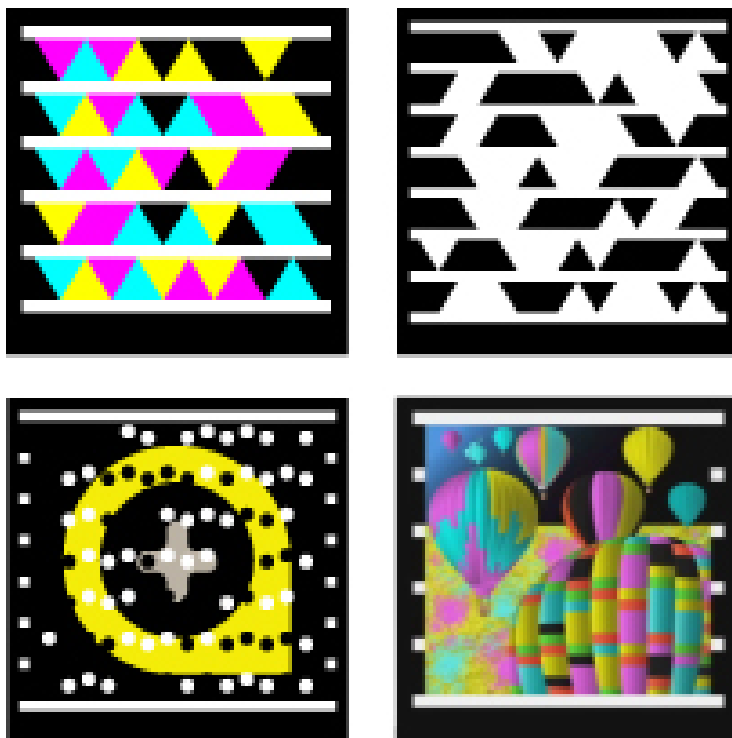
A legtöbb új telefon már rendelkezik saját QR-kód olvasó szoftverrel, amely nagyban megkönnyíti a QR-kódok beolvasását, mentését és különféle felhasználását. A 7. ábra látható a „Marker TDK” szövegből generált QR kód.



7. ábra – „Marker TDK” szöveget tartalmazó QR kód

2.3.3 Microsoft Tag

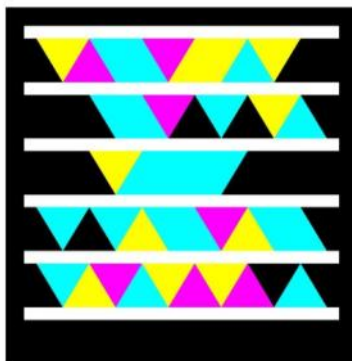
A Microsoft Tag [7], [8] a QR kód esztétikusabb változata. A cél itt is ugyanaz: offline hirdetésekben ez lépéssel online felületre vinni a potenciális vásárlókat, így elősegíteni, hogy további információkhoz juthassanak (8. ábra).



8. ábra – Microsoft Tag

A legnagyobb előrelépés a QR kódhoz képest, hogy itt egyéni képek is beilleszthetőek, illetve ha valaki a névjegykártyájára teszi, és az adott helyre mutató tag már nem érvényes, mert például vége annak a kampánynak, akkor sem kell új névjegyeket nyomtatni, hanem egyszerűen kicserélni ahhoz a

kódhoz tartozó linket az adatbázisban. A kód generálása rendkívül egyszerű, az alább kép (9. ábra) a „Marker TDK” szöveget tartalmazza.



9. ábra - „Marker TDK” szöveget tartalmazó Microsoft tag kód

Az információgyűjtésünk első fejezetében már ejtettünk szót a mobil szolgáltató robotokról, azonban tanulmányozzuk egy kicsit részletesebben, hogy milyen robotok is vannak még a piacon.

2.4 Robotok csoportosítása

A robotokat többféle szempontrendszer alapján lehet csoportosítani, az alábbiak szerint.

Mobilitásuk alapján

- mobil robotok
- helyhez kötött robotok

Felhasználásuk alapján

- anyagmozgató
- technológiai műveletet elvégző
- szociális

Helyhez kötött robotok kinematikájuk alapján

- párhuzamos kinematikájú
- láncolt kinematikájú
- vegyes kinematikájú

Mobil robotok kinematikájuk alapján

- differenciális
- holonomikus
- egyéb

Mi ezek közül a holonomikus meghajtású, szociális mobil robotokkal foglalkozunk.

2.4.1 Etorobot technikai leírása

A robotok etológiai kutatásra, ember-gép interakció vizsgálatára készültek. A cél az ember segítése, szolgálata volt a tervezés során. A funkciók kialakításakor az elsődleges szempont a hasznosság. A

műszaki tervezést figyelembe véve alakultak ki a robot paraméterei, funkciói. A két robot, szolgáltató szerepet tölt be az ELTE Etológia és a BME MOGI tanszéken. A robotok különböző dolgok szállítását végezhetik egyik helyiségből a másikba és kinyithatja a mágneskártyás ajtókat. Moduláris felépítésének köszönhetően új funkciókat kaphat a későbbi fejlesztések során.

A robot technikailag két fő részre osztható. Az alsó rész a robot alap, amely a későbbi fejlesztések során is állandó marad. Erre kerül a felépítmény, amely feladatonként változhat. A robot alap akár 30kg felépítménnyel is terhelhető. A robot holonomikus hajtással rendelkezik, amely lehetővé teszi a síkon mindhárom szabadságfok menti elmozdulást.

Több okból is előnyösebb az ilyen hajtás:

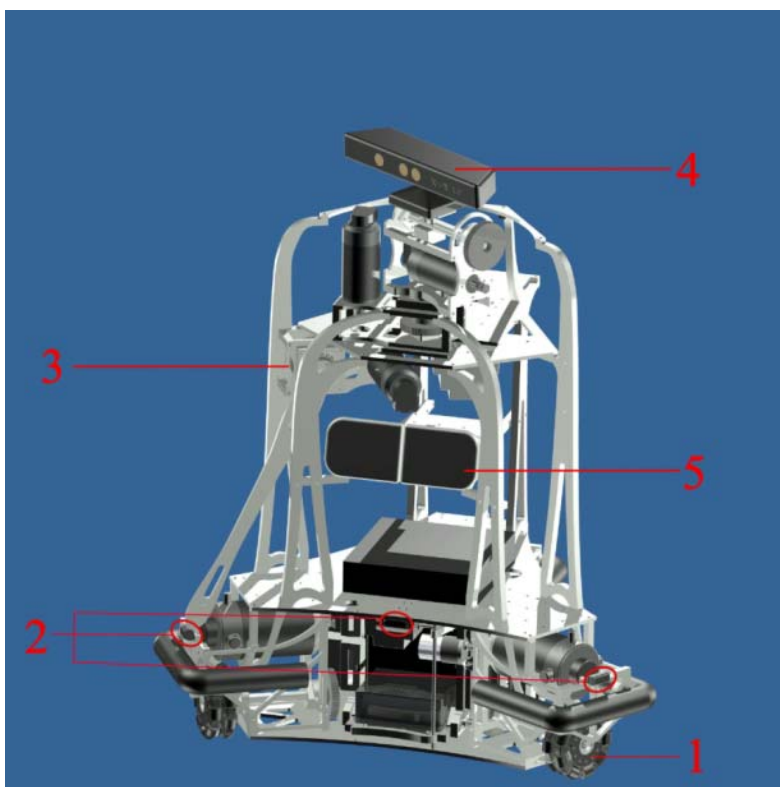
- A lábak mozgatásához sokkal nagyobb energiára van szükség, mint a kerekek forgatásához.
- Egy láb mechanikai konstrukciója és annak szabályozása túlságosan bonyolult és költséges, mely nem fő eleme a kutatásnak.

A holonomikus kerekek (10. ábra, 1. jelölés), olyan robot kerekek, amelyek a kerületük mentén kisebb görgőkkel rendelkeznek, a nagy kerékre merőlegesen, így a forgásiránnyal keresztben is képesek elcsúszni, hogy a robot bármely irányba mozoghasson. Három ilyen kerék egymáshoz képesti 120°-ban történő elhelyezésével egy három szabadságfokú rendszert kapunk.

A legtöbb szárazföldi állat három szabadságfok mentén mozog, így képes a sík bármely irányában mozogni és közben forogni. A mobil robotoknál általánosan használt hajtás rendszerek nem képesek erre.

A robot alapot 3x100 watt keféssé DC motor hajtja 1:7 szíjjátétellel. A tápellátást egy 24 amperórás 12V-os ólomzselés akkumulátor biztosítja. Az alap rendelkezik továbbá egy takarító modullal, amely egy forgó kefe és egy kosztárolóval, továbbá egy labdaütögető egységgel. Ezeket a modulokat relével kapcsolja a központi elektronika. Az alapon található egy fő tápelosztó modul. A motorokat aktív hűtéses teljes H hidas teljesítmény elektronikák hajtják. Ezek a központi elektronikától kapják a referenciát CAN-buszon. A központi elektronika kaphat referenciát és parancsokat, illetve adhat információt Bluetooth kapcsolaton keresztül és USB porton is. A robot alapja egy USB, vagy Bluetooth eszköz a PC számára, ami a roboton vagy a külső térben kerül elhelyezésre, és a mesterséges intelligenciát számolja. Az alapon körben 6 darab infra távolságérzékelő (10. ábra, 2. jelölés) került elhelyezésre biztonsági okokból. Az alap végsebessége 1,5-2 m/s is lehet.

A felépítmény alkotja a robot felső vázát és a többi funkciót. Ide került elhelyezésre a kártyamozgató kar (10. ábra, 3. jelölés), és a kameramozgató. A robot látását egy Kinect (10. ábra, 4. jelölés) segíti, melynek előnye, hogy VGA képe mellett mélység értéket is visszaad, így 2 és fél dimenziós kép alkotható. A robot pozíciójához és orientációjához képest a kamera két tengely körül forgatható. A perifériákat ellátó hajtások 30 wattos keféssé DC motorok 1:7 szíjjátétellel. A kamera és a kártyamozgató modulok szintén USB eszközök. A felső rész rendelkezik saját tápmodullal és vészleállító kapcsolóval. A robot felépítményébe kerül a PC és itt kap helyet továbbá egy 3 tengelyes giroszkóp, gyorsulásérzékelő és iránytű. Egyéb kisebb perifériák mozgatására egy 24 portos USB csatlakozású RC servo hub kerül elhelyezésre. A szociális interakciók segítésére a robot kapott hangszórót (10. ábra, 5. jelölés) is.



10. ábra – Etorobot felépítése

2.4.2 A robot paramétere

kerület ütközővel: 757 mm

kerékátmérő: 101,6 mm

hasmagasság: 16 mm

tömeg kb: 40kg

6db távolságérzékelő: 60 fokonként

3db a földtől: 158 mm-re, a középponttól 688/2 mm-re

3db a földtől 201 mm-re, a középponttól 265/2 mm-re

kar forgástengelye a földtől: 516 mm, a középponttól: 316/2 mm

Kinect magassága a földtől: 805 mm,

Kinect függőleges forgástengelye a középponttól 25 mm-re előre

Kinect mozgástere: függőleges tengely körül: +/- 90 fok,

vízszintes tengely körül a függőlegessel bezárt szög: + - 50 fok

takarító modul: a robot elejében kb középen,

tengelye a robot közepétől 130/2 mm-re

takarító tároló térfogata: 325*116 mm³ összevethető roomba robottal.

2.5 Kinect

A Kinect a Microsoft 2010-ben megjelentetett mozgás érzékelő rendszere, amelyet eredetileg az Xbox 360 játék konzolhoz fejlesztett, majd a használatát elérhetővé tette PC-n is. A Kinect segítségével a játékosok a mozgásukkal, és gesztusaikkal irányítják a játékot. A Kinect egy színes kamerából, és egy mélység érzékelő kamerából áll, és az ezekből érkező információk alapján képes követni az emberek mozgását [9].

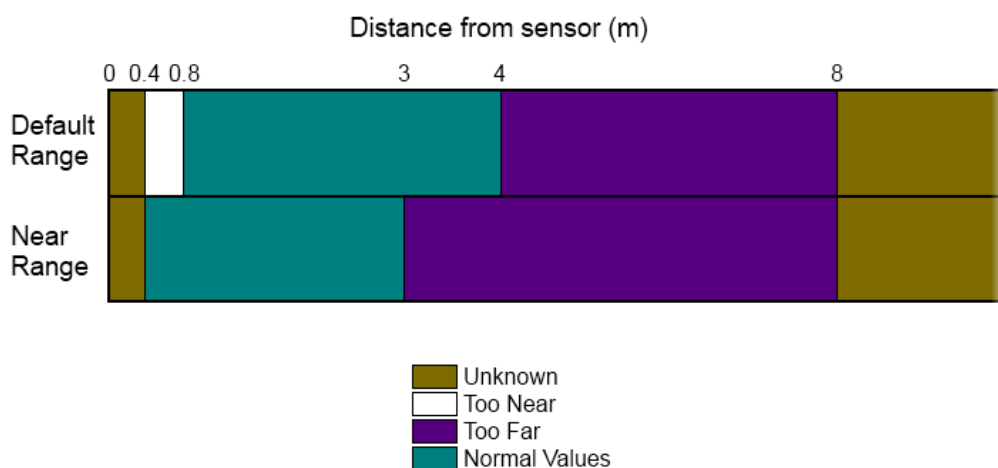
2.5.1 Paraméterek

Fő tulajdonságok

- RGB kamera (640x480; 30FPS)
- Mélységérzékelő (IR; 640x480; 30FPS)
- Hangérzékelő
- Mozgató motor a dőlésszög változtatáshoz

Látószög

- Vízszintes FOV: 57°
- Függőleges FOV: 43°
- Motor függőleges szögváltoztatása: 27°
- Mélységérzékelő érzékelési tartománya (ajánlott): 1.2m–3.5m
- Mélységérzékelő érzékelési tartománya: 0.8–6 m



11. ábra – Kinect mélység érzékelési tartományok

Két fajta mélység tartomány választható a Kinect-en. Az alapértelmezett 0.8m-nél kezdődik, a közeli módban 0.4m-nél. Azonban a közeli mód csak a Kinect for Windows verzióban érhető el. A két mélység tartomány közötti különbséget szemlélteti a 11. ábra.

Adatfolyam

- 640x480 16-bit depth @ 30 frames/sec (mélység-térkép)
- 640x480 32-bit colour @ 30 frames/sec (színes kamerakép)
- 16-bit audio @ 16 kHz

Szkeleton (csontváz; ember alak) érzékelés

- mozgó alakok érzékelése
- aktív alakok érzékelése (szkeletonnal)
- aktív alakonként 20 joint pont (hajlítható vagy végpontok) érzékelése

Audio érzékelő (PC-n jelenleg nem működik)

- Hangfelvétel
- Visszhang kiszűrés
- Beszédfelismerés több nyelven

2.5.2 Működése

Az alapokat egy infravörös pszeudorandom mintázatot kibocsátó lézer, illetve egy infravörös fényt érzékelő kamera képi. A kibocsátott IR minta a 12. ábra látható.

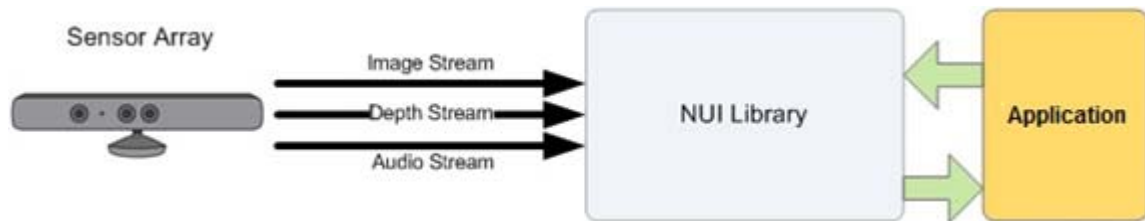


12. ábra - A Kinect által kibocsátott sűrű ponthalmaz [10]

Az ismert minta, és az érzékelt minta pontjait keresztkorrelációs technikával megfeleltetik egymásnak, és a pontok távolságából meghatározható a pontok mélysége, azaz előáll egy mélységkép (mélység térkép).

A mélység érzékeléshez a kivetített mintázatokat először ismert, de különböző távolságban lévő referencia felületekre vetítik ki (egymás után, egyenként), majd ezeket a képeket, és a mintázatokban lévő pontok távolságát elmentik referencia adatokként. Ezután az ismeretlen távolságban lévő objektumra ugyan azt a pszeudorandom mintázatot vetítik ki. Az előzőleg referencia felületekre kivetített mintázatok közül, különböző korrelációs technikákat alkalmazva, kiválasztják a legvalószínűbb referencia felületet (felületeket), és az ahhoz eltárolt referenciapontok távolságát.

2.5.3 Szoftveres architektúra

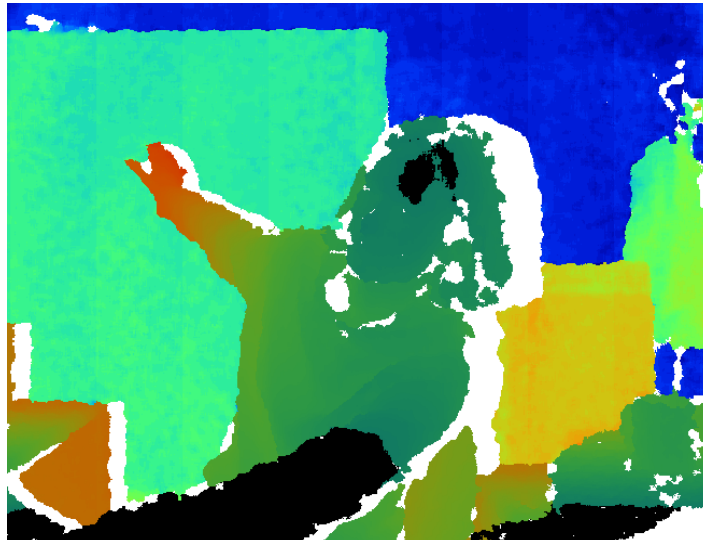


13. ábra – Információáramlás a hardware és software komponensek között [11]

Az alkalmazás a Microsoft Kinect SDK [11] esetén a NUI Library-n keresztül éri el a Kinect-et, ami a Kinect-ből érkező információkat az alkalmazás számára könnyebben feldolgozható formátumba alakítja (pl. YUV – RGB konverzió). Továbbá magasabb szintű információkat is kinyer a Kinect-ből érkező adat folyamból, például: csontváz követés, játékosok megkülönböztetése, és azonosítása, és hangnál a hangforrás iránya (13. ábra).

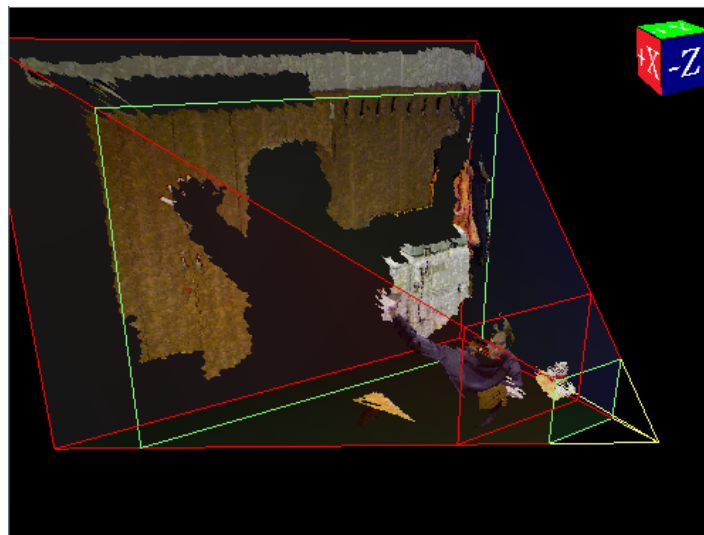


14. ábra – A Kinect által készített RGB kép



15. ábra – A Kinect által készített kép mélységet jelző gradienssel

A Kinect által szolgáltatott mélységadatokat a Kinect SDK-ban lévő Kinect Explorer színtáblával is tudja ábrázolni. Az értelmezhető közelségben lévő tárgyak (bal váll) kék színűek, míg a háttérben lévő falak is kék. A két kék közötti átmenet pirosan keresztül történik, ami látszik is a hátrafele nyújtott jobb kézen. Esetünkben az érzékelési kategórián kívül eső tárgyak, mint például a bal kar, az asztallap közel eső területe feketék (15. ábra).



16. ábra – Kinect által érzékelt tér rész 3D rekonstrukciója

A Kinect a térben a hozzá közelebb eső pontokat tudja érzékelni. Ezekből, ha figyelembe vesszük a kamera látószögét, akkor a pontokból rekonstruálható a háromdimenziós tér egy része, hiszen a legközelebb eső pontok mögötti rész le van árnyékolva, így azok ismeretlenek. Ha ehhez a mélységtérképhez (15. ábra) hozzárendeljük a korábban említett RGB képet (14. ábra), akkor a 16. ábra látható kép jelenik meg a kettő egyesítéséeként.



17. ábra – Mélység képbe csontváz illesztés

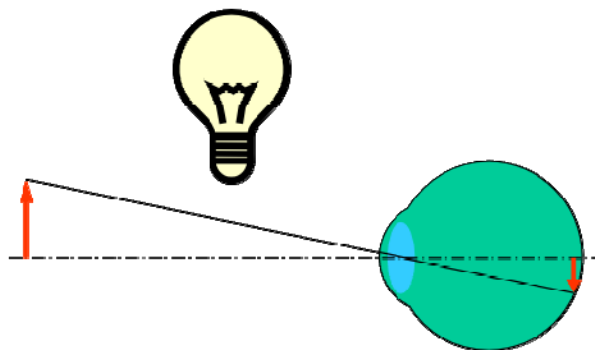
A 17. ábra a mélységtérképet, a csontvázat, illetve a player indexet tartalmazza (ha több személy lenne, mindegyik különböző színű lenne)

A markerek felismeréséhez a szkeleton követés, illetve a mélységérzékelés nem szükséges, de mindenképpen érdemes tisztában lenni az eszköz képességeivel, amivel maga a képfeldolgozás történni fog. Továbbá nem szabad megfeledkezni a továbbfejlesztésekben rejlő lehetőségekről, mint például egy 3 dimenziós marker, amelyhez már szükséges lehet a mélységérzékelésre.

2.6 Színtan

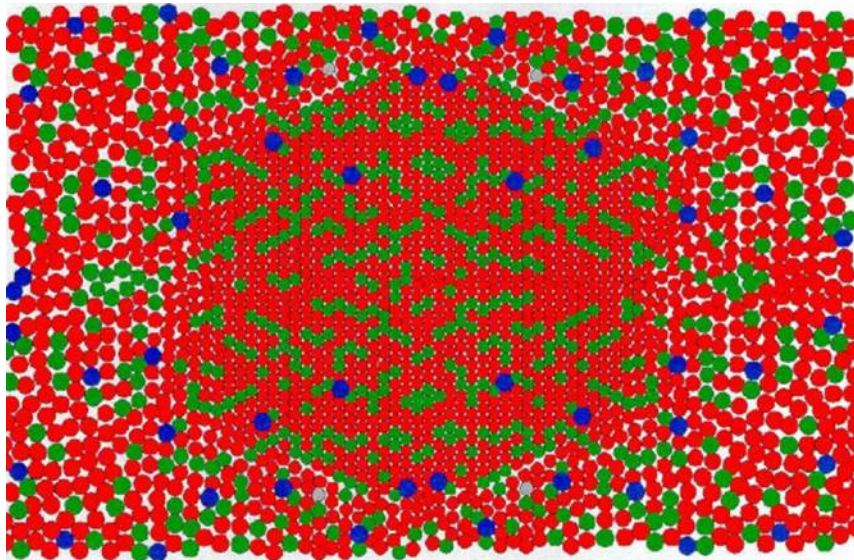
2.6.1 Az emberi szem

Az emberi szemben, a belépő lépő fény mennyiségét a külső szaruhártya, a szivárványhártya gyűrűje és a szemlencse csökkenti. A fény a pupillán keresztül érkezik, amelynek átmérője a fényerősség függvényében változik, majd az üvegtesten áthaladva a retinára vetődik (18. ábra), ahol a látásért felelős, fényérzékelésre szolgáló pálcikák és csapok (fotoreceptorok) helyezkednek el.



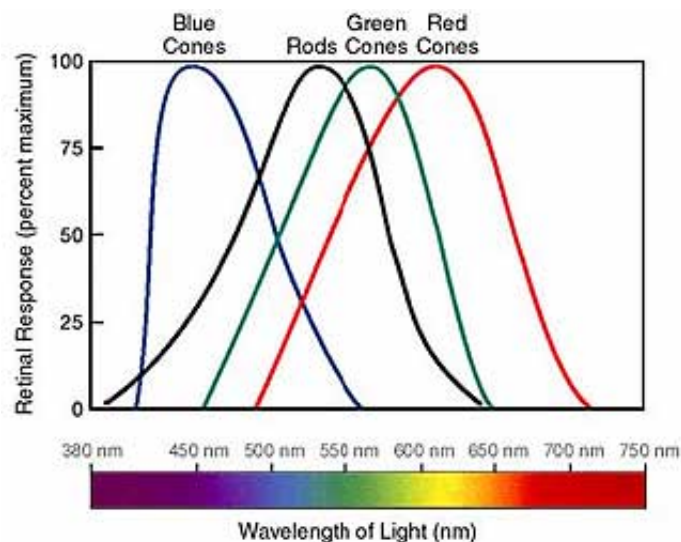
18. ábra – A retinára leképezett kép

A pálcikák az alacsonyabb intenzitású fényt is érzékelik, a csapok a színérzékelésért és az éleslátásért felelnek. Ez a kép továbbítódik a központi idegrendszerbe és feldolgozásra kerül. Az éleslátás helye a sárgafolt, itt találhatóak zömmel a csapok, amelyeknek három típus van, és a látható fény különböző frekvenciatartományait érzékelik, azaz a vörös, a zöld és a kék alapszíneket látatják. Ezek közül a vörös és a zöld csapok túlnyomó többségben vannak (19. ábra).



19. ábra – A csapok eloszlása a retinán [12]

A fény színe, olyan fiziológiai érzet, melyet optikai sugárzás kelt a hullámhosszától függő minőségben (20. ábra). Egy színekép akkor nevezünk folytonosnak, ha olyan elektromágnes hullámok hullámhossz szerinti rendszeréről van szó, melyben az intenzitás a frekvencia folytonos függvénye és ez széles tartományban eltér a 0-tól.



20. ábra - A csapok és pálcikák spektrális érzékenysége [13]

2.6.2 Színek jellemzői

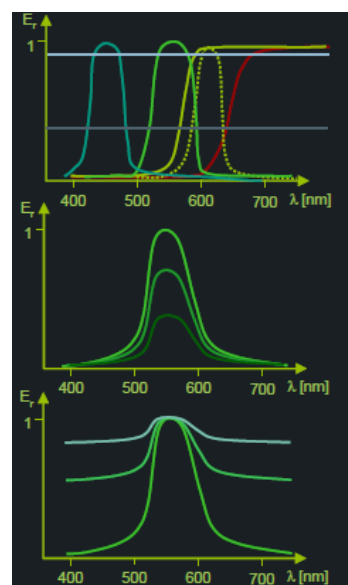
A színezet a szín spektruma, a világosság a kisugárzott energia mennyisége.

A fehértartalom adja meg a színek telítettségét, míg a metaméria azaz a szelvényezettsége az eltérő spektrumokkal azonos színérzetet vált ki. Ezt az 21. ábra grafikonnjai szemléltetik.

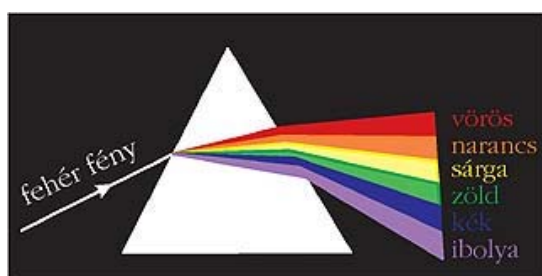
Színszóródás

Ha fehér fényt bocsátunk át prizmán a következőket tapasztaljuk:

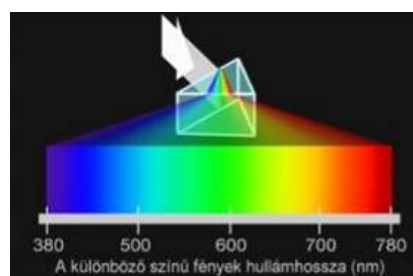
A prizma a fehér fényt megtöri (22. ábra) és vörös, narancs, sárga, zöld, kék és ibolya színeképet kapunk. A különböző színeket eltérő mértékben töri meg, ugyanis a fény elektromágneses hullámként is viselkedik és az eltérő hullámhosszoknak (23. ábra) köszönhetően következik be a különbségi törés, melyek tovább nem bonthatók, monokromatikusak.



21. ábra – Metaméria



22. ábra – Prizma fénytörése

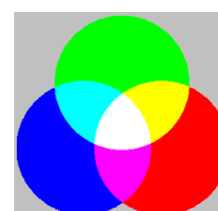


23. ábra – Hullámhossz és fénytörés

Additív színkeverés

Az RGB fényforrások intenzitásarányok változtatásával a 3 alapszín R=vörös, G= zöld, B= kék színekből, intenzitásnövekedéssel vetítjük egymásra a fényeket. Pl.: vörös + zöld= sárga, vörös + kék =bíbor, vörös+ kék + zöld = fehér.

Az additív színkeverés csak az alapszínek színösszetevőitől függ, azok spektrális jellemzőitől nem. Egy szím additív kikeveréséhez 3 független alapszín szükséges és elegendő is. Mivel mind a három jel 256 különböző értéket vehet fel (bit RGB) ezért összességében több mint 16 millió szín kódolható ebben a rendszerben (24. ábra).

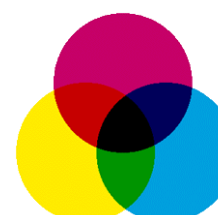


24. ábra – Metaméria

Szubtraktív színkeverés

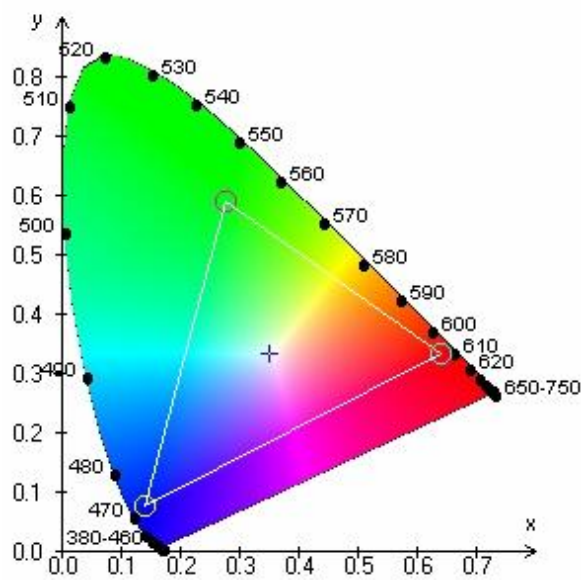
A fehér fényforrásból a C,M,Y szűrők a beeső fényből vonnak ki komponenseket, tehát ez egy passzív, intenzitás csökkentő folyamat. Pl.:sárga+bíbor=vörös; sárga+bíbor+kékeszöld=fekete, Sárga: azt jelenti, hogy ez a szűrő a ráeső fehér fényből a sárga szín komplementerét, a kék színt nem engedi át (25. ábra).

Alapszínei Y= sárga, M= lila, C= türkiz, valamint a K= fekete nyomószín arányaival kódolja. Ebben a rendszerben több mint 5000 szín adható meg.



25. ábra – Szubtraktív

2.6.3 A CIE színrendszer



26. ábra – CIE 1931 xy színességi diagram

A CIE XYZ a CIE (Commission Internationale de la Éclairie) által létrehozott szín ingermérésre szolgáló alapszínrendszer. Nem egy egyenlőközü színrendszer, így nem alkalmazható színmérésre, transzformáltja a CIE Lab, alkalmazható színmérésre.

A chromaticity diagram, avagy CIE xy színességi diagram (26. ábra) az azonos világosságú színeket ábrázolja. Az X Y Z képzetes alapszínek az RGB összetvők mátrix transzformációjával jön létre. Az egyenlő energiájú fehér fény esetén $X=Y=Z$. Az Y összetevő a szín világosságát adja meg.

Többféle színrendszert ismerünk, melyek a színinformációkat színek, (RGB), a színezet, telítettség, világosság (HSV), vagy a szubtraktív alapszínek szerint, vagy egyéb módon kódolják (CMYK). Emellett a különféle színminta atlaszok (pl. Pantone) a legelterjedtebb színeket tartalmazzák.

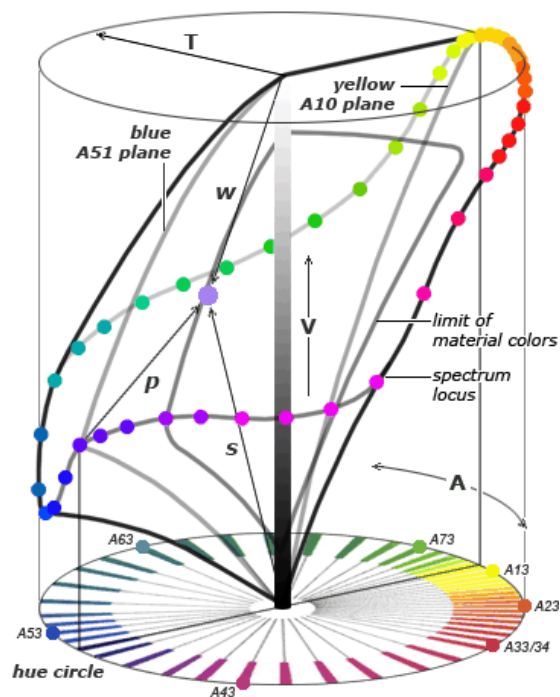
2.6.4 A Coloroid színrendszer

A Coloroid színrendszer 1962 és 1980 között került kidolgozásra a Budapesti Műszaki Egyetemen. A Coloroid nappali fénnel megvilágított és normális színlátású észlelő által érzékelt, felület színek a harmónia színkülönbségekre épülő, érzet szerinti rendszere, amely az esztétikailag egyenletességet jól közelíti. 2000 óta MSZ 7300 számú magyar szabvány.

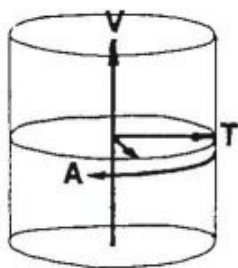
Esztétikailag egyenletes, mert egész számokkal jellemzett szomszédos felületszínei között ugyanannyi harmónia intervallum van, és ezért felületszínek közötti harmónia összefüggések leírására, és harmonikus szín együttesek létrehozására alkalmas.

Vizuális színmérésre, szín összehasonlításra való használata nem kíván speciális laboratóriumi körülményeket, mert színtere az adaptálatlan szemre vonatkozóan egyenletes. Bármely színe egzaktul definiálható, mert színtere folyamatos. Bármely szín megjeleníthető, mert színtere és a CIE XYZ színinger mérő rendszer színtere között kölcsönösen egyértelmű kapcsolat van. Megfelelő szoftver segítségével, úgy az IBM PC-n, mint a Macintosh rendszerben a monitoron és a printeren létrehozhatók, mert színjelei transzformációs kapcsolatban vannak a számítógépes színmegjelenítő rendszerekkel.

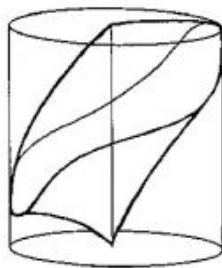
A színrendszer pszichometriai skáláit meghatározó kísérleteket északi égboltról visszavert fénnel megvilágított helyiségben, az ablak közelében végezték - a megvilágítás 1600-1800 lx között volt. A mintákat (15-18 cm² területű lapokat) vízszintes felületen, egységesen $Y=30$ CIE színösszetevőjű, szürke felület előtt mutatták be úgy, hogy az ablakon át beeső fény, azokat közelítőleg 45° alatt érje. A mintákat 90° rálátással figyelték meg.



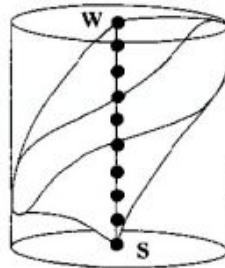
27. ábra – Coloroid színrendszer



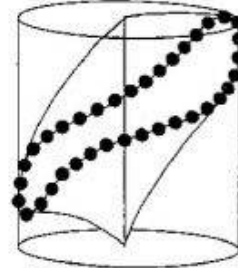
28. ábra – Színjellemzők



29. ábra – Elhelyezkedés



30. ábra – Tengely



31. ábra – Telítettség

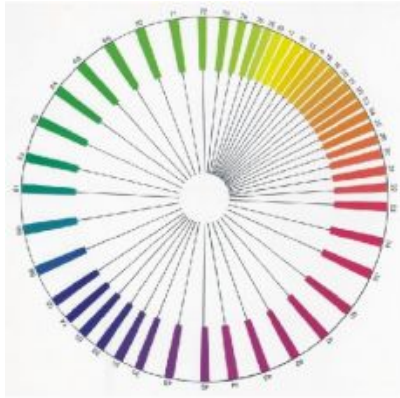
A 28. ábrán a színjellemzőket figyelhetjük meg, ahol az A- színezet, a T telítettség, míg a V a fényerőséget jelöli.

A 29. ábrán a Coloroid koordináták egyenes körhenger belsejében elhelyezkedő, színek sokaságának tagjait reprezentáló, színpontok egyértelmű meghatározására szolgáló, henger koordináták.

Az abszolút fekete szín a színtér tengelyének alsó végpontján foglal helyet. Az abszolút fehér és abszolút fekete színének színekoordinátái megegyeznek a CIE 1931 színdiagram D65 pontjának színekoordinátaival, vagyis $x_w = x_s = x_o = 0.312726$ és $y_w = y_s = y_o = 0.329023$ (30. ábra). A határszínei pedig a színteret magában foglaló henger palástjára rajzolható, önmagába visszatérő, görbe mentén helyezkednek el. Itt a legtelítettebbek a színek (31. ábra).

A Coloroid színek 3 részből tevődnek össze, tartalmaz egy fekete (s) - egy fehértartalmat (w), valamint egy színtartalmat (p). A színösszetevők összege mindig 1, tehát $w + s + p = 1$

A 32. ábrán a színtér, 48 db, alapszínezetű színsíkja legtelítettebb felületszíneinek kör alakú ábrázolása látható, a színek színei megközelítően esztétikailag egyenletes sorozatot alkotnak.



32. ábra – Coloroid színsíkok

Coloroid színjellemzők átszámítása CIE színjellemzőkre:

Az átszámítás az alábbi kifejezések segítségével történik, ha adott A, T, V, akkor [14]:

$$x = \frac{\varepsilon_w x_0 (V^2 - TY_\lambda) + 100T\varepsilon_\lambda x_\lambda}{\varepsilon_w (V^2 - TY_\lambda) + 100T\varepsilon_\lambda}$$

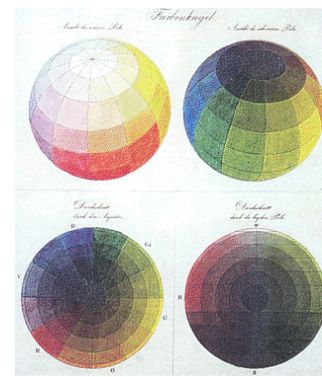
$$y = \frac{V^2 + 100T\varepsilon_\lambda y_\lambda - TY_\lambda}{\varepsilon_w (V^2 - TY_\lambda) + 100T\varepsilon_\lambda}$$

$$Y = \left(\frac{V}{10}\right)^2$$

2.6.5 Színek harmóniája

Philip Otto Runge, egy német festőművész készítette el a 33. ábrán látható színgömböt. A művész a színeket egy gömb belsejébe rendezte el. A gömb egyenlítőjére a spektrum-színeket és a bíborokat, az északi pólusra a fehéreket, míg a déli pólusra a fekete színeket helyezte el. A színgömb 12 színt tartalmaz.

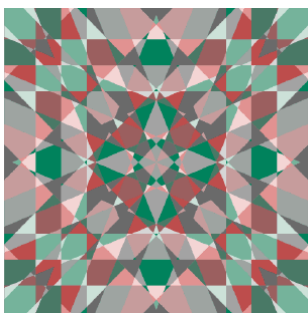
Johannes Itten ezt a színtanulmányt használta fel. Szerinte a harmonikus színek esetében a színek egymással meghatározott viszonyban, összhangban állnak.



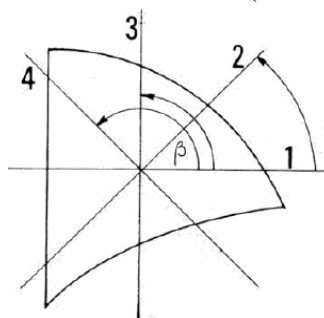
33. ábra – Runge színgömb

Színharmonia a Coloroid rendszerben

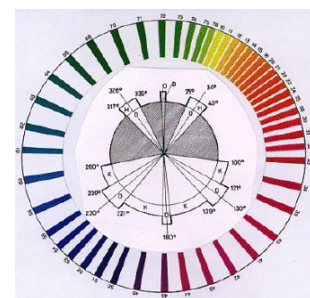
A Nemcsics Antal által kifejlesztett harmonikus színrendszer különböző összetevőkből épül fel. Öt olyan elme van, melyet alapfeltételnek nevezhetünk és hiányukban a harmónia nem áll fenn, kizárja, hogy esztétikai tartalomról beszélhessünk (34. ábra).



34. ábra – Esztétikus harmónia



35. ábra – Harmónia skála



36. ábra – Színek és szögek

A következő alapfeltétel, hogy a szín együttes színei között, lépjen fel egy meghatározott kapcsolat.

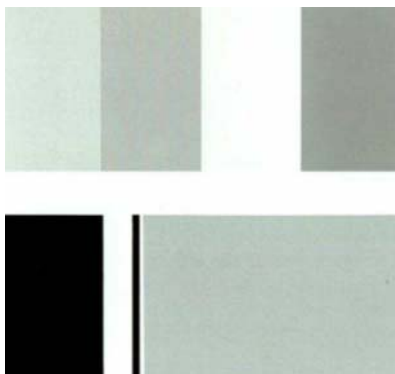
Megkülönböztethetünk monokróm, dikróm, trikróm és polikróm harmóniákat. A Coloroid rendszerben az egymással harmonizáló színek a $\pm 34^\circ$, $\pm 130^\circ$, vagy a 180° alatt elhajló

színsíkokban található (35. ábra), vagy az imént említett $\pm 34^\circ$, $\pm 130^\circ$, 180° elforgottjai (36. ábra).

Harmadik alapfeltételként említhetjük meg a kontraszt viszonyt. Összesen 7 kontrasztot különböztetünk meg- magában való színkontraszt (37. ábra), fény-árnyék (38. ábra), hideg-meleg (39. ábra), komplementer (40. ábra), szimultán (41. ábra), minőségi (42. ábra) és mennyiségi kontraszt (43. ábra).



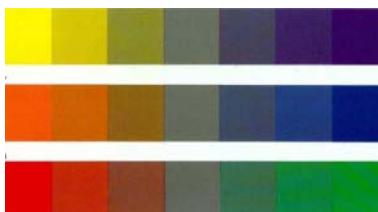
37. ábra – Magában kontraszt



38. ábra – Fény-árnyék kontraszt



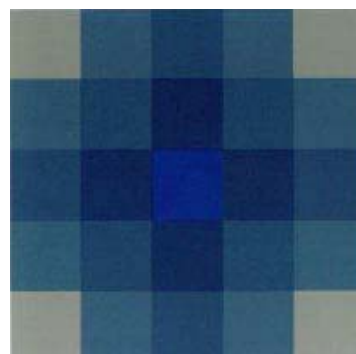
39. ábra – Hideg-meleg kontraszt



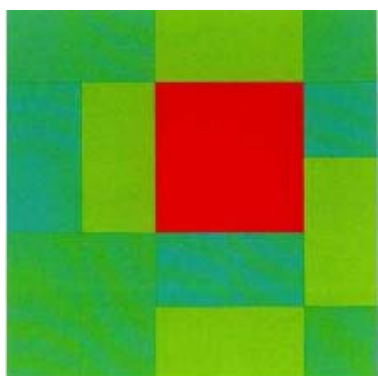
40. ábra – Komplementer kontraszt



41. ábra – Szimultán kontraszt



42. ábra – Minőségi kontraszt



43. ábra – Mennyiségi kontraszt

2.7 A tárgyak láthatósága

A színtanulmány során egy kis kitekintőt kell tenni a megvilágítás, a fénytörés és a tárgyak fényvisszaverésének megfigyelésére. A megfelelő látási körülmény függ a tárgy részéről, annak méretétől, kontrasztjától, az értékeléséhez rendelkezésre álló időtől, valamint a nézőtávolságtól. Másrészt pedig függ a világitástól, a fénysűrűségtől, azaz a megvilágítás, a közvetlen káprázás mértéke, a közvetett káprázás mértéke, a fény iránya, a színvisszaadástól.

A világitás lehet természetes valamint mesterséges fényforrású. Természetes világitáson a helyiségekben bevezetett, az égboltról sugárzott természetes szórt fényt értjük. A természetes világitás ablakokon át (oldalról), felülvilágítókon át (felülről, vagy a kettő kombinációjával) biztosítható. Oldalvilágítás esetén az elérhető megvilágítási erősség függ az ablakfelület nagyságától, az ablakok magasságától és elosztásának egyenletességétől. Ügyelni kell arra is, hogy a napfény ne jusson közvetlenül a szembe, mert káprázást okoz.

Mesterséges világitáson a helyiségekben mesterséges (általában elektromos árammal üzemeltetett) fényforrások (izzólámpák, fénycsőek) által előállított és megfelelően irányított fényt értjük. A mesterséges világitás lehet általános, vagy összetett (helyi és általános) világitás. Helyi világitást egymagában nem szabad alkalmazni, mindig ki kell egészíteni általános világitással, ami a biztonságos közlekedést a munkahely általános áttekintését, a dolgozók szemének kímélését lehetővé teszi.

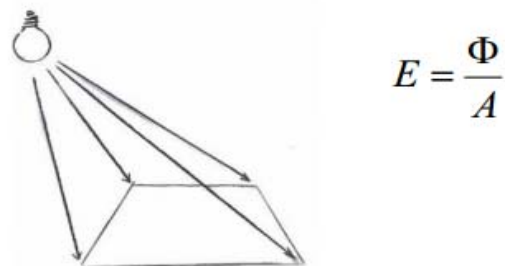
A megvilágítás mértékét lux-ban adjuk meg. Éjszaka holdtölte idején megközelítőleg 0,3 lux míg nyári napsütésben 10^5 lux a természetes megvilágítás erőssége. Durva műhelymunkákhoz 10 lux míg irodai munkához, huzamos idejű íráshoz, olvasáshoz 50-100 lux szükséges. Az egyes munkahelyeken a balesetmentes munkához szükséges megvilágítás erősségét a munka jellegének függvényében szabvány írja elő „lux” (lx) mértékegységben. Az éjszakai közvilágítás előírt mértéke 2-30 lux, 50 lux a folyosókban, közlekedőkben elegendő fény. Egy zseblámpa vagy gyertya fényereje 1cd azaz 12lumen, a 100W-os izzó 135 cd (1700 lumen), valamint az ívlámpák 10000cd tehát 125600 lumen.

A megvilágítás a megvilágított „A” felületre eső Φ fényáram és a megvilágított „A” felület nagyságának hányadosa (44. ábra).

Jelölése: E

Egysége: Lux (lumen/m²)

Jele: lx.



44. ábra – Megvilágítás

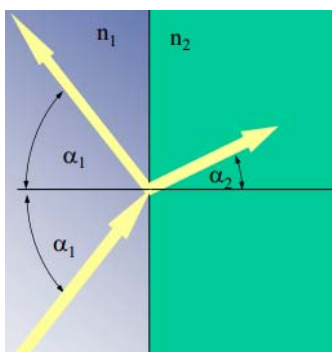
Jellegzetes fényerők

Szükségvilágítás	1 lux
Folyosó	50 lux
Iroda	500 lux
TV-stúdió/ kamera	800 lux
Napfény nyáron	100.000 lux
Napfény télen	10.000 lux
Átlagos nap nyáron	5.000-10.000 lux
Átlagos nap télen	1.000-2.000 lux
Telihold	0,2lux
Holdfogyatkozás éjjel	0,0003 lux
Színérzékelés határa	3 lux

A fénytörés

Fénytörésről akkor beszélünk, amikor a beeső a visszaverő és a megtört fénysugár egy síkba esik (45. ábra). A törésmutató $n = c/v$. Snellius Descart törvény alapján

$$-n_1 \sin(\alpha_1) = n_2 \sin(\alpha_2)$$



45. ábra – Fénytörés

Megkülönböztetünk elsődleges és másodlagos fényforrásokat. Az előbb említett csoportba a valós fényforrásokat, azaz a Napot, csillagokat vagy a gyertya lángját soroljuk, míg másodlagosnak tekintünk minden testet melyekről visszavert fény a szemünkbe jut, tehát a rásugárzott és a róla visszaverődő fény miatt látható.

Méréseinket irodai fénycsöves, nappali megvilágítás és a Spectralight II gép segítségével végeztük.

2.8 Szimmetria

Tükörszimmetria

Kétoldali szimmetriának is nevezik, amely bármilyen kép vagy tárgy két oldalának az azonosságát jelenti. Ezt egészen egyszerűen le is ellenőrizhetjük, ha egy tárgy szimmetriatengelyéhez, azaz a középvonalához illesztünk egy tükört, és ha valóban tükörszimmetrikus a tárgyunk a tükörben a kitakart oldal pontos mása jelenik meg.

Kiralitás

Olyan tükörszimmetrikus kapcsolat, amikor a két rész nem hozható egymással fedésbe. Ilyen például a két kezünk, fülünk, lábunk.

Többszörös tükörszimmetria

E kategóriába sorolhatjuk például a hópeleket, ahol több tengely mentén is kialakult a tükörszimmetria.

Forgás szimmetria

Jellemző rá, hogy tengely körül elforgatva egy képet vagy tárgyat, az egy teljes körülforgatás során többször is önmagával fedő, az eredetivel azonos helyzetbe kerül.

Ismétléses szimmetria

Az ismétlés (egyszerű eltolás) is egy szimmetriaművelet, hiszen az ismétlés minden lépése az eredetit hozza újra létre.

Csavarszimmetria

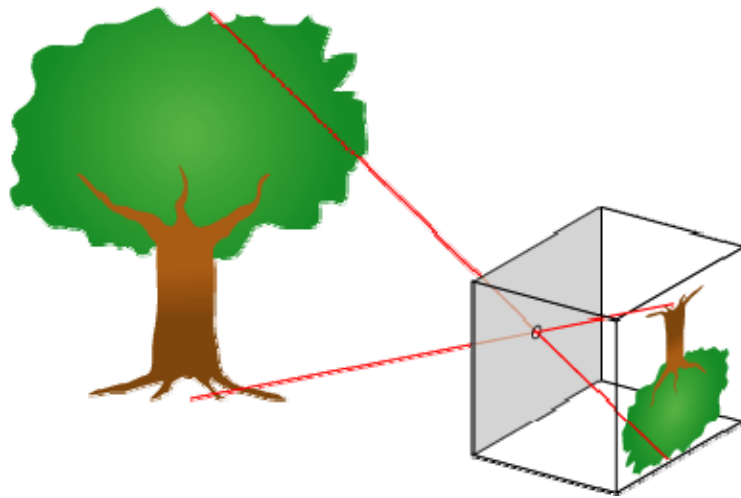
A csavarszimmetria az eltolás forgatással, elfordulással kombinálódik. Például csavarok, rugók, csigalépcsők szimmetriája írható le ezzel.

3 MARKER FELISMERÉS ELVE

3.1 Kamera modell

Az emberi szem érzékelése és színharmóniákból adódó esztétikai érzet mellett a robot kamerája által látott és érzékelt kép a kutatás következő területe [5],[6].

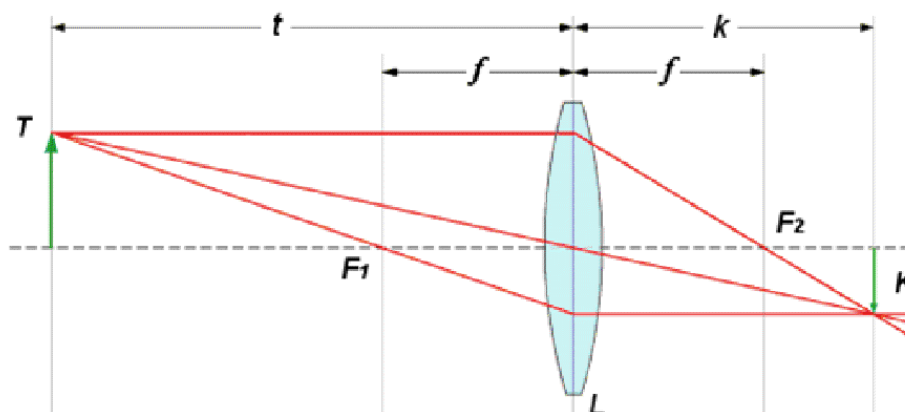
A mai fényképezés a „camera obscura” modell működésén alapul, ahol a környezet leképezése során a gépbe a fény egy pontszerű lyukon szűrődik be, így a lyukkal ellentétes oldalon megjelenő kép fordított állású és torzított (46. ábra).



46. ábra – Camera obscura modell [4]

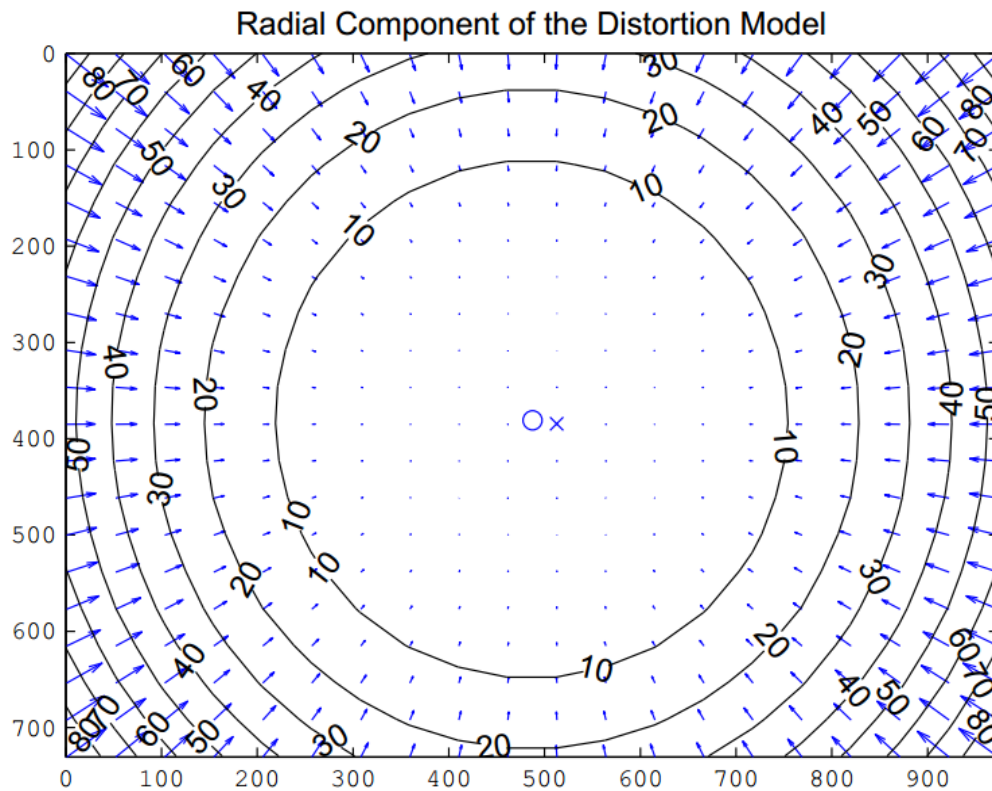
3.1.1 Intrinsic paraméterek

- Fókusz távolság: A kamera pozíció és a kép távolsága, jele: f (47. ábra).



47. ábra – Fókusz távolság

- Optikai középpont: A kamerában lévő optikai tengely középpontja. Ez általában nem a kép középpontja, mert a kamera gyártásakor a chip ha minimálisan is, de elcsúszhat.
- Lencse torzítás: Két fő komponense van, radiális és tangenciális.
 - Radiális: Főleg a kép széleihez közel vehető észre, az optikai középpontnál ennek a mértéke 0. Ez okozza a hordó, vagy párna torzítást (48. ábra).



48. ábra – Radiális torzítás

- Tangenciális: Az okozza, hogy a gyártás során a lencse nem lesz teljesen párhuzamos a képsíkkal.

3.1.2 Extrinsic paraméterek

- Pozíció: t a kamera világbeli pozíciója
- Orientáció: R a kamera világbeli nézeti iránya.

3.2 A kamera képének kialakulása

3.2.1 Transzformálás kameratérbe

A kamera és a leképezendő objektum a világ koordinátarendszerben található. A kameratérbe transzformálás során a világot oly módon mozgatjuk ($\vec{t}$), forgatjuk ($\underline{R}$), hogy a kamera a világ koordináta rendszer közepében legyen, és +Z irányba nézzen.

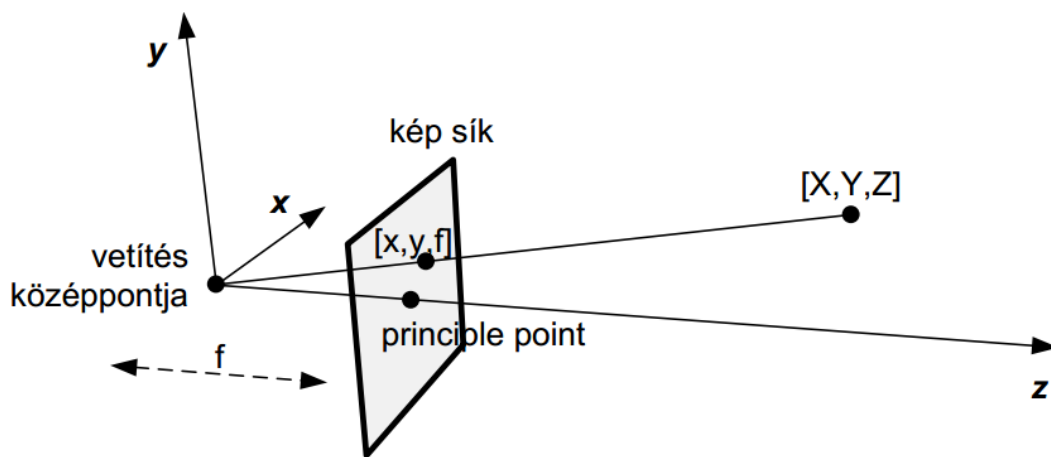
3.2.2 Perspektivikus vetítés

A középpontos vetítés ($\underline{P}$) az intrinsíc kamera paraméterekkel a következő módon írható le:

$$x = f_x \left(\frac{X}{Z} \right) + c_x$$

$$y = f_y \left(\frac{Y}{Z} \right) + c_y$$

Ahol x, y a kamera képére vetített pont, X, Y, Z a pont kameratérbeli pozíciója, a kamera az origóban van, f_x és f_y a fókusz távolság, c_x és c_y az optikai középpont, és a kamera „z” tengely irányába néz (49. ábra).



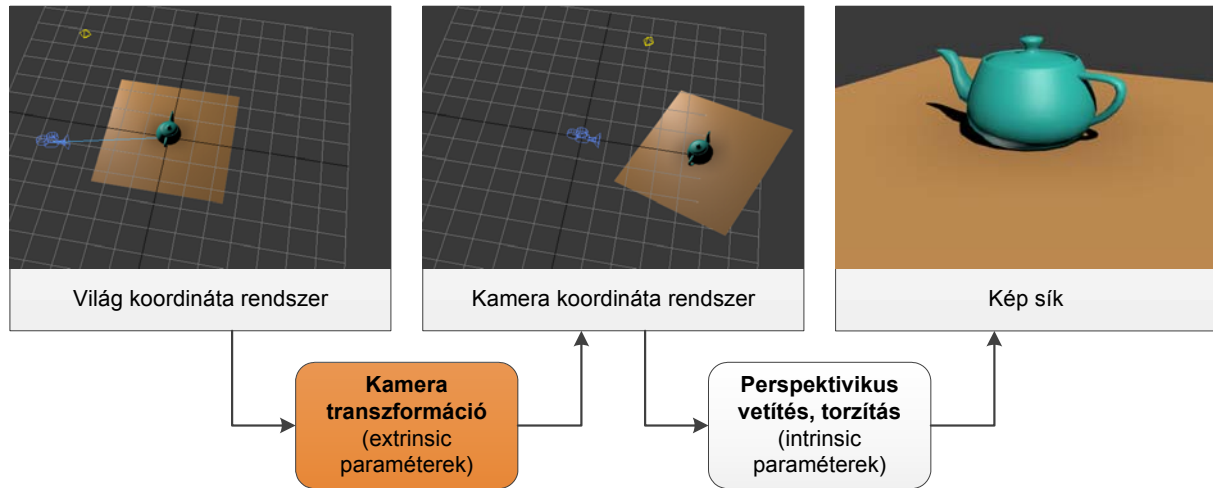
49. ábra – Perspektívikus vetítés

Az alábbi ismeretek alapján tehát egy világbeli pont ($\vec{P}_{3D}$) képsíkra ($\vec{P}_{2D}$) vetítése a következő módon néz ki mátrixos formában felírva:

$$\vec{P}_{2D} = \underline{P} \cdot [\underline{R} | \vec{t}] \cdot \vec{P}_{3D}$$

3.3 Kamera pozíciójának meghatározása

Ahhoz, hogy megtudjuk, hogy a kamera milyen szögből, honnan nézi a képet, a korábban ismert egyenletet kell felhasználni, azonban itt mások az ismeretlenek.



50. ábra – Kamera pozíció meghatározása

Ebben az esetben, ami ismeretlen, az a Kamera transzformáció, azaz az extrinsic paraméterek, minden más ismert (50. ábra).

4 KÖVETKEZTETÉS

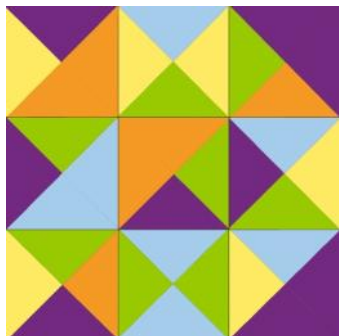
Az információgyűjtés során áttekintettük a különböző szakterületek számunkra fontos információit. A markerek esztétikus mivoltával kapcsolatban a számunkra legmegfelelőbb színrendszer a Coloroid, hisz könnyen definiálható egész számokkal jellemzett, a színharmóniák kialakításához tökéletes rendszer. A színek felismeréséhez nem szükséges speciális megvilágítás így különböző fényviszonyok mellett is értelmezhető, felismerhető. Ez különösen hasznos, ugyanis más-más világítási szabályzat kiírás vonatkozik a különböző munkahelyek, épületek megvilágításának kiépítésére.

A Kinect felbontása 640x480 pixel, amely korlátot jelent a marker méretére nézve a felismerhetőség távolsága szempontjából. A Kinect egy pixele 5,34 szögpercnyi területet lát, amely 1 méter távolságban 1,55mm-nek felel meg, 5 méter távolságból 7,77mm-nek. Ezen felül a gyors, valósi idejű képfeldolgozás szempontjait is figyelembe kell venni. Azaz a színeknek könnyen megkülönböztethetőnek kell lenniük, és az alakzatok körvonalai legyenek élesek. Továbbá a marker egyértelműen azonosítható kell legyen, hogy a hozzá kapcsolódó információ (pl. pozíció) egyértelmű legyen. A robot a markerre általában nem szemből fog nézni, ezért a markereket úgy kell megtervezni, hogy kis szögből is könnyen felismerhetőek legyenek. Továbbá azt is figyelembe kell venni, hogy a robot „szeme” kb. 80 cm magasan lesz, amely a markerek elhelyezését befolyásolhatja.

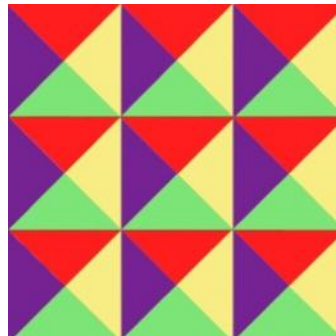
Mindezeket az információkat felhasználva szinergiát képezhetünk az alapkövetelmények és az általunk esztétikusnak vélt markerek megalkotásába, hogy egy egységes és jól használható terméket hozzunk létre.

5 TERVEZÉS

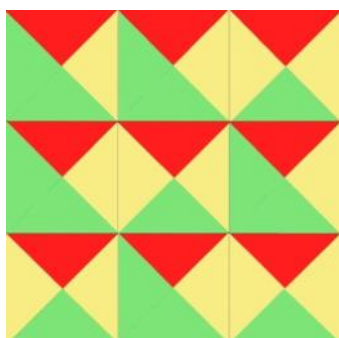
5.1 Esztétikus markerek - koncepcióalkotás



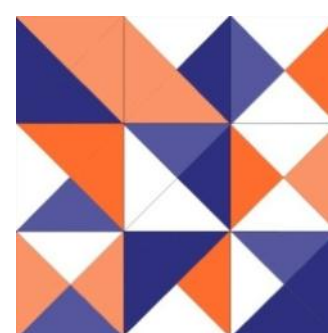
51. ábra – Koncepció 1



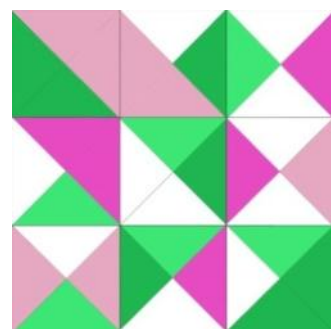
52. ábra – Koncepció 2



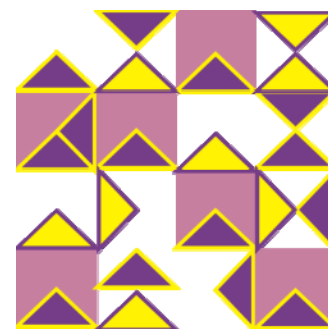
53. ábra – Koncepció 3



54. ábra – Koncepció 4



55. ábra – Koncepció 5



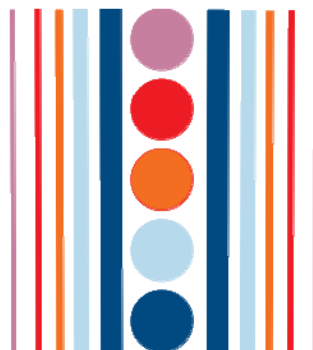
56. ábra – Koncepció 6

Az első öt ábrán (51.-55. ábra) látható ötleteink egy séma alapján egy 3x3-as felosztású mátrix-szerű elrendezésben készült. A 9 darab négyzetet 9x4 egyenlő szárú háromszögre lehetne felosztani. Ezeknek a háromszögeknek a négyzeten belüli elhelyezése (rotáció alkalmazásával), valamint a színek közötti különbség hordozza az információt. Az hogy egy-egy háromszög milyen forgatásban van elhelyezve egy négyzeten belül, más-más információt tárolhat. Ismét más információt hordoz, hogy a kis négyzet, hol helyezkedik el a nagy négyzeten belül. Valamint a különböző színek használatával egy újabb tartalmi síkot adunk a markernek, így növelve a kombinációs lehetőségek számát. A tervezés során felhasználtuk az információgyűjtésnél tanultakat a szimmetria, aszimmetria alkalmazását. Mint láthatjuk az 52. ábra ismétléses szimmetria elvén alapszik, az 53. ábra részleteiben szimmetrikus, de összességében aszimmetrikus, míg az 51., az 54. és az 55. ábra aszimmetrikus.

Az 56. ábrán az élkontraszttal kísérleteztünk, ezzel a módszerrel arra próbáltunk rájönni, hogy mennyivel könnyebb a kamerának úgy felismernie és elválasztani, megkülönböztetni a formákat, hogy ha egy segédvonal éles kontúrt alkot a két szín és forma között. Ehhez csak kontraszt színeket alkalmaztunk.



57. ábra – Konceptió 7



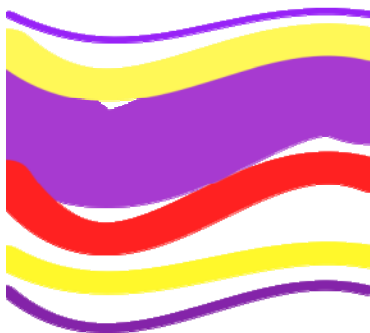
58. ábra – Konceptió 8



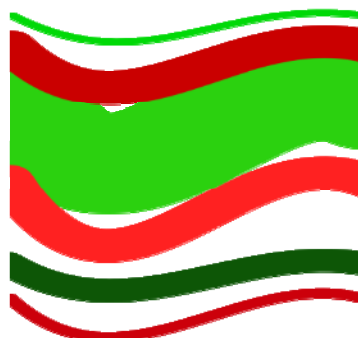
59. ábra – Konceptió 9



60. ábra – Konceptió 10

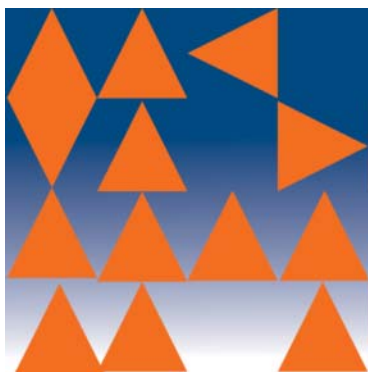


61. ábra – Konceptió 11

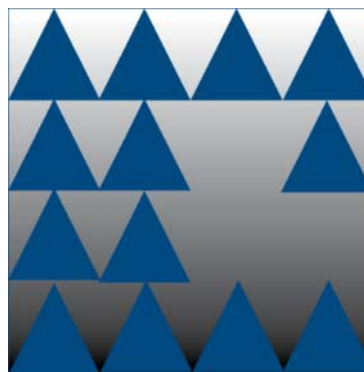


62. ábra – Konceptió 12

A 57.-62. ábrán az alapformák felhasználásával és társításával ötleteltünk. Itt (57.-60. ábra), azonban már kevesebb kombinálási lehetőség áll a rendelkezésünkre a kód megírásához, hiszen ha az egységes mátrix-osztásban dolgozunk csak a színek variálásával tudjuk a kódot meghatározni (57. ábra).

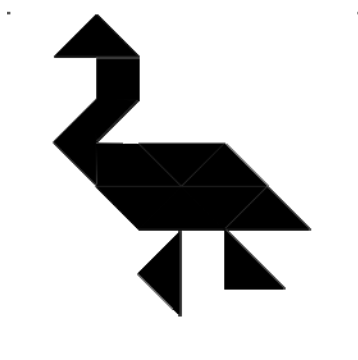


63. ábra – Konceptió 13



64. ábra – Konceptió 14

A 63. és 64. ábrán a háttérnél alkalmazott színátmenettel kísérleteztünk. A különböző árnyalatokban mennyivel lehet jobban és kevésbé jól ki venni egy-egy formát, illetve a színárnyalatot mennyire képes a gépi látás megkülönböztetni.



65. ábra – Konceptió 15



66. ábra – Konceptió 16

A következő ötleteinket (65. és 66. ábra) a gyerekkorunkból jól ismert Tangram játék ihlette. Itt is az egyenlő szárú háromszögek mátrixba illesztését próbáltuk színekkel kombinálni, úgy, hogy egy az ember számára jelentéstartalommal bíró markert kapjunk.



67. ábra – Konceptió 17



68. ábra – Konceptió 18



69. ábra – Konceptió 19



70. ábra – Konceptió 20

A 67.-70. ábrán egy térbeli helyezkedésű (ikozaéder) markeren ötleteltünk, szintén a szíkontraszt illetve színárnyalatok alkalmazásával.

A tervezés során természetesen nem feledkezhetünk meg az esztétikai kívánalmakról.

5.2 Egy kis kitekintés: mi is az az esztétikum



71. ábra – Esztétikum fogalmi kapcsolatai

Mint a 71. ábrán is látjuk az esztétikum igen csak összetett dolog. Nem elég a színeket a formákkal összeilleszteni, hanem harmóniát is kell adni a markereknek, egy-egy szín más-más textúrán különbözően hat, mely személyenként eltérő véleményt és élményt tartalmaz, hisz akárcsak a szépség az esztétikum megítélése is szubjektív. A termékek megalkotásához tervezés, kreativitás szükséges, hogy végeredménynek egy ritmikus, érzelmi tartalommal rendelkező terméket hozzunk létre.

5.3 Különböző textúrájú markerek

A tervezés során felmerült a gondolat, hogy mivel az esztétikus markereket az élettér minden helyiségébe, területére tervezzük, ezért a különböző belsőépítészeti elemekkel és az anyagok variálásával is foglalkozzunk.

Ötletek: az alábbi ötletek mind a fent már említett, mátrix-szerű elrendezés sémáján alapszik

- fent már szemléltetett markerek olajfestmény, falfestmény, kép szerinti elhelyezése
- konyha, fürdő vagy aula csempével való burkolatába lehetne beépíteni
- üvegmozaikból műalkotás szerű fali dísz
- faliszőnyeg, patchwork technikával készített falikép
- falfesték használatával kifesteni a falakat

5.4 Koncepcióalkotás – mátrix típusú ötletek

Az alábbi ábrákon a falfestés és a patchwork technika megvalósítása látható, valamint a dimenziókkal is kísérleteztünk (72.-83. ábra).



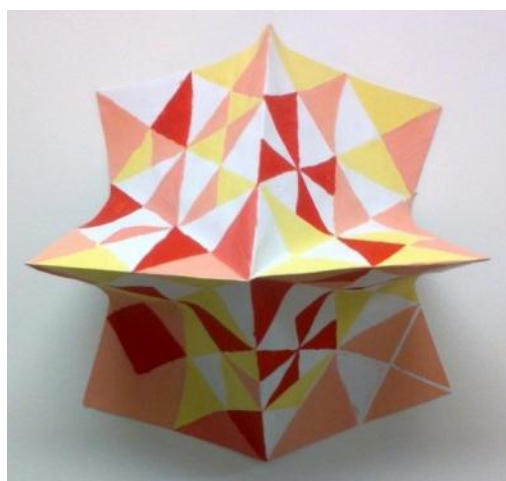
72. ábra – Koncepció festés 1



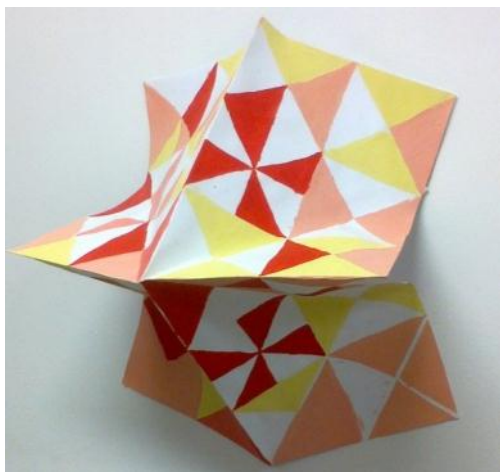
73. ábra – Koncepció patchwork 1



74. ábra – Koncepció patchwork 2



75. ábra – Koncepció festés 3D szemből



76. ábra – Koncepció festés 3D oldalról



77. ábra – Koncepció festés 3D alulról

A fenti markerötletek színskombinációi



78. ábra – Konceptió festés 2



79. ábra – Konceptió festés 3



80. ábra – Konceptió festés 4



81. ábra – Konceptió patchwork 3



82. ábra – Konceptió patchwork 4



83. ábra – Konceptió patchwork 5

6 KÖZVÉLEMÉNY KUTATATÁS

6.1 Kreatív kísérlet

A BME állásbörzójén kivágott színes háromszög alakú lapokkal kerestük meg az embereket, és gyűjtöttünk információt, meg akartuk tudni, hogy mit gondolnak az emberek a markerekről.

A kérdést játékosan, indirekt módon közelítettük meg. Kísérletünk két részből állt:

Az első felében egy öt kérdésből álló kérdőívet töltöttünk ki velük.

A: szimmetria/ aszimmetria

B: mit ábrázol?

C: 3x3-as rácshoz való viszony

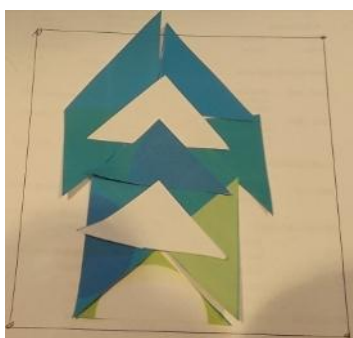
D: üres helyek, kitöltés

E: színek

	Nem/kor	A	B	C	D	E
1.	Lány / egyetemista	Tetszik a szimmetria	Nyíl, nyilak absztrakt	Nem volt zavaró	Könnyedebb	kontraszt
2.	Fiú	Tetszik	Kocka, nem nézte a suinket, félkört nem vette észre	Nehezebb volt	szimmetria	Alakzat sárga lila
3.	Lány	Aszimmetria	Félkör/fél kör egymáshoz illesztve	direkt 3x3ba pakolta a simát	Nem volt	Out of the box
4.	Lány	Félig tudatosan kör/ alakzati szimmetria	Absztrakt, rácsot kitölteni	Nem volt	nincs	Lila komplementer
5.	Lány	aszimmetria	absztrakt	Nem volt	Ki kell rakni /vegyes üres	Élénk, eleven színek, kék zöld
6.	Fiú	Aszimmetria, felhívja a figyelmet	Absztrakt, több réteg	Egyből 3x3ba rajta	Direkt üres	

A második felében egyrészt kaptak egy fehér A4-es lapot, mely csak egy négyzetet ábrázolt. A feladatuk az volt, hogy ebbe a négyzetbe helyezték el az adott formákat. Másrészt kaptak még egy A4-es lapot melyen a keretként szolgáló négyzet egy 3x3-as osztású mátrix volt. A feladatuk itt is ugyan az volt, helyezték el a kapott formákat. Ez utóbbit azonban csak néhány önkéntessel tudtuk elvégeztetni, ugyanis volt, aki már az első négyzetet is e szisztéma alapján rendezte el, illetve voltak fáradt páciensek, akiknek az ereje és ideje csak egy rendezésre futotta.

Az alábbiakban az önkéntesek által kialakított „markerek” láthatók (84.-96. ábra).



84. ábra – Kísérlet 1



85. ábra – Kísérlet 2



86. ábra – Kísérlet 3



87. ábra – Kísérlet 4



88. ábra – Kísérlet 5



89. ábra – Kísérlet 6



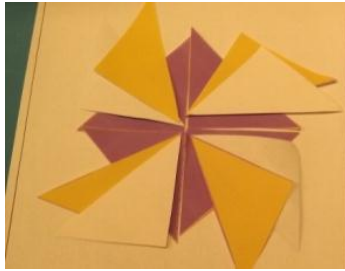
90. ábra – Kísérlet 7



91. ábra – Kísérlet 8



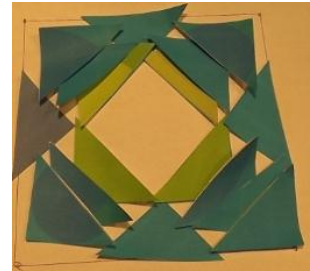
92. ábra – Kísérlet 9



93. ábra – Kísérlet 10



94. ábra – Kísérlet 11



95. ábra – Kísérlet 12



96. ábra – Kísérlet 13

A fentiek értékelése

A szimmetriát illetően két nagy csoportba lehet bontani a megkérdezetteket: vagy szándékosan szimmetrikus alakzatot készített, hogy rendezett legye, vagy pedig kifejezetten arra törekedett, hogy alapvetően szimmetrikus legyen, de tartalmazzon aszimmetrikus elemeket, hogy az figyelemfelkeltő legyen, megakadjon rajta az ember szeme.

A formát illetően két nagy csoport van: a kétdimenziós, illetve a valódi kétdimenziós. A kétdimenziós annyiban különbözik, hogy több réteget használt az illető, ezáltal nem csak 2 részre bontotta a 3x3-as mátrix egy négyzetét, hanem extrém esetben akár 4 részre is bontható (ha illeszkedik a rácsos mintázatba). Több réteg használata esetén, ha nincsenek megkötések a rácsokat illetően, akkor gyakorlatilag akármilyen absztrakt forma létrehozható.

A rács használatáról

Érdekelt minket, hogyha a képen látható háromszögeket felhasználva ki kell valamit rakni, akkor hogyan közelítik meg a feladatot, mennyire magától értetődő, hogy a láthatatlan vonalakat kell felhasználni, mennyire köti meg a kreativitást a vonalak kötelező használata.

Mivel ezt nem volt lehetőségünk mindenkivel elvégezni, nehéz következtetést levonni, de az emberek nagy része alaptól a rácsba illeszkedően kezdte kiépíteni a markerét, vagy azért, hogy rendezettséget tükrözzön, vagy azért, hogy minél több kiferjen rá. Akik a rácsoktól merőben eltérő mintázatba pakolták a háromszögeket, ők igencsak kreatív formákat hoztak létre, ezzel rámutatva, hogy sokkal több lehetőség van a rácso nélküli markerekben, igaz, ez a képfelismerést lényegesen megnehezíti.

A felület kitöltéséről

A feladat szerint annyit kellett ráhelyezniük a lapra, amennyit jónak láttak. Fontos volt megkötni, hogy nem szükséges az egész helyet felhasználni, ugyanis nem akartuk korlátozni

az emberek kreativitását. Akadtak is olyanok, akik éltek ezzel a lehetőséggel. Ők ezt azzal magyarázták, hogyha nem töltik ki az egész rendelkezésre álló teret, akkor sokkal könnyedebb, világosabb lesz a kép, ezért se törekedtek a teljes felület beépítésére.

Színek

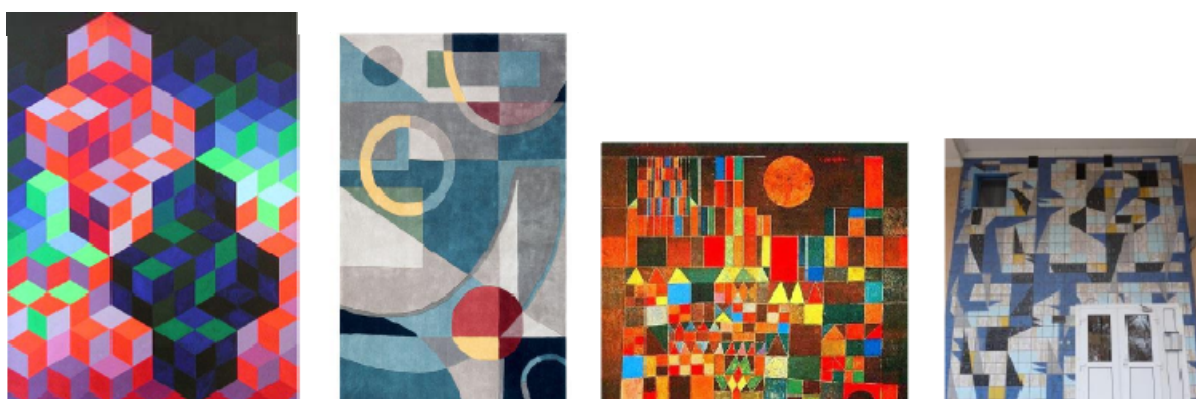
Két változat volt, a lila sárga kontraszton alapuló marker alapanyag, illetve a zöldes-kékes türkizes. A többségnek a kékes változat tetszett jobban, de egyik személynél sem tapasztaltuk, hogy kifejezetten nem szeretné a lilás csomagot használni, egyszerűen csak jobban tetszett nekik a másik.

6.2 Kérdőíves kutatás kiértékelése

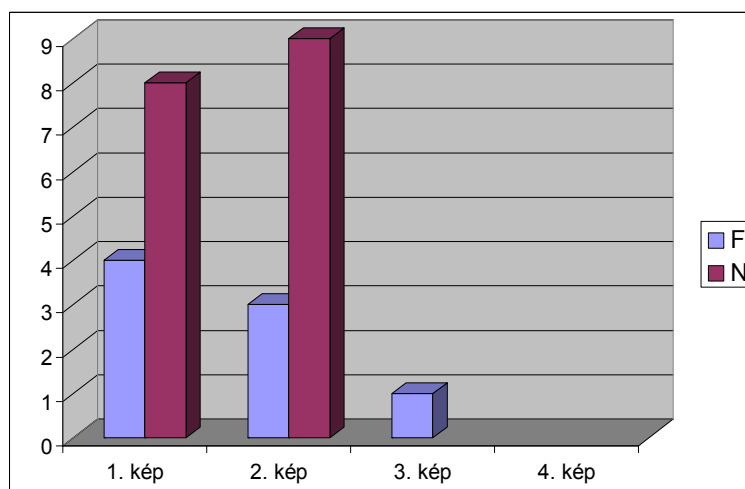
Az online felületen 27-50 év közötti felsőfokú végzettséggel rendelkező, nagyrészt építészmérnök alanyok töltötték ki a kérdőívet, zömmel Közép Magyarországi régióból. A kitöltők száma 25 fő, nembeli eloszlása: 17 nő és 8 férfi. (A kérdőívet lásd. Melléklet)

Első kérdés

Az alábbiak közül melyik kép tetszik a legjobban?



97. ábra – Az I. kérdés képei



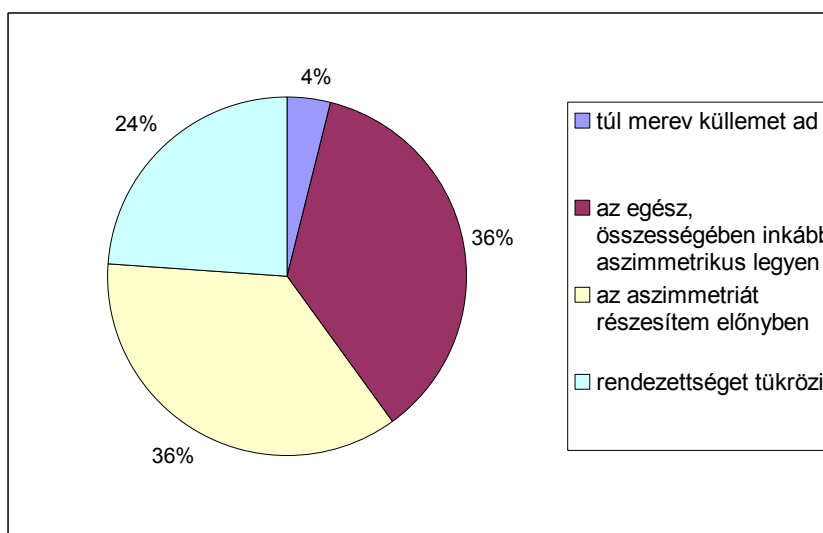
98. ábra – Kép preferencia nemek arányában történő megoszlása

A válaszadóknak a 97. ábrán látható képek közül kellett választaniuk egyet. Meglepő módon az utolsó képre senki nem szavazott. A nemek eloszlása is figyelemre méltó (98. ábra). A nők gyakorlatilag csak az első két képre szavaztak (Vasarely, Art deco), a férfiak pedig a szürrealista képre is szavaztak. Az első és harmadik kép világa egy kicsit hasonló: élénk színek, egyszerű geometriai formák. A legnagyobb különbség az a rendezetlenség, illetve a formák arányai, nem utolsó sorban a térhatás. A Vasarely képnek olyan hatása van, mintha egy térbeli formát látnánk, míg a szürrealista kép egyértelműen csak két dimenzióban mozog.

Második kérdés

Mi a véleményed a szimmetriáról?

- Nem szeretem a szimmetriát, mert túl merev küllemet ad
- A részletekben feltűnhet, de az egész, összességében inkább aszimmetrikus legyen
- Nincs semmi bajom a szimmetriával, de mégis az aszimmetriát részesítem előnyben
- Legyen szimmetrikus, mert az a rendezettséget tükrözi



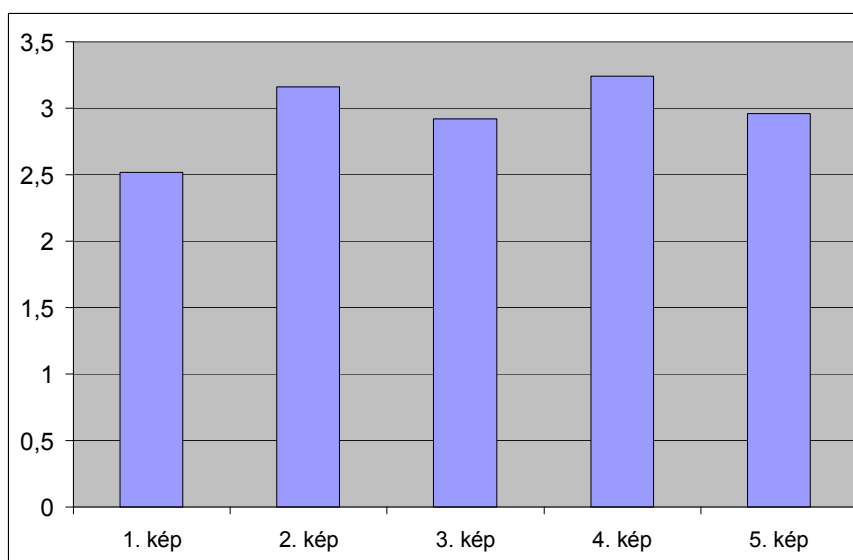
99. ábra – Szimmetria preferencia megoszlása

Számunkra meglepő volt, hogy ebben a korosztályban ennyire egyhangúan az aszimmetria kapta a legtöbb szavazatot. Arra számítottunk, hogy a döntő többség a szimmetrikus formákat fogja előnyben részesíteni (99. ábra).

Harmadik kérdés



100. ábra – A III. kérdés képei



101. ábra – Preferencia megoszlás

A második és negyedik fénykép hasonlóan teljesített (100. és 101. ábra), de a lila sárga kontraszt felülmúlta a hasonló mintázatú, de ellenkező színezetű párját.

Negyedik kérdés



102. ábra – Kék színvilágú marker a IV. kérdésben

Hol tudnád ezt elképzelni?

Pár érdekes, felhasználók által beírt megoldást összegyűjtöttünk, így duplikációk nem szerepelnek (102. ábra).

- folyosó
- kórház, vagy egyéb egészségügyi létesítmény
- gyerekmedence
- fürdőszoba
- mosdó

Ötödik kérdés



103. ábra – Csíkok az V. kérdésben

Ezzel a képpel kapcsolatban nem voltak a válaszadók ennyire szűkszavúak, rengeteg megoldás érkezett, ezeket ismét tömörítve mutatjuk be, azaz ami kétszer lett leírva, azt csak egyszer közöljük (103. ábra).

- saját szoba
- mennyezeten
- irodában, lakásban, falon, padlón (szőnyegminta. nagyon tetszik.)
- falon, akár tájékoztató jelleggel is. (pl minden osztálynak meg lenne a megfelelő színe-mintája)
- lakásban
- folyosó fala
- Uszoda
- lépcső fölött
- nappali, iroda vagy közintézmény, bank ügyféltér
- bárhol: pl. folyosó, hálószoza, fürdőszoba
- fürdő, vagy folyosó, járda
- olyan helyen, ahol nagy tömegnek egy irányba kell gyorsan haladnia
- textílián, lakberendezéskor
- irodaház, aluljáró, egyetem aula
- sehol, túl agresszív színe van
- iroda, közösségi terek
- ezt akárhol, ez tetszik
- napernyőn
- kávézó

Nagyon fontos tanulság volt, hogy a vízszintes, hosszú csíkok kiválóak lehetnének például folyosók falára, mert az embereknek irányt ad, mozgásukkal harmóniában van, így a nem is tudatosan, de kellemes érzéssel töltheti el.

Ami igazán megfogott minket, az a következő válasz volt: „falon, akár tájékoztató jelleggel”. Ez tulajdonképpen egy 90°-al elforgatott vonalkód, ami színes. A vonalak távolsága, vastagsága mind információhordozó lehetne. De erről később az ötletelés fejezetében.

Hatodik kérdés

Hol látnád szívesen?



104. ábra – Kék színvilágú marker a VI. kérdésben

A hatodik kérdés 104. ábrája szerint ez volt az egyik legnépszerűbb kép, amit választottak, hiszen ezért is ezt tettük bele a kérdőív második felébe, hogy még többet megtudjunk arról, ami tetszett az embereknek. Ehhez képest számos szavazat érkezett a „Sehol, mert nem tetszik” lehetőségre. Ezeken kívül a lakás opció dominált.

Hetedik kérdés

Milyen formátumban jelenjen meg a kontraszt?

Az elsőprő többség (61%) adta azt a választ, hogy együtt a kettő. Ez azt jelenti, hogy mind formailag, mind a színvilággal kontrasztot kell alkotnunk.

Nyolcadik kérdés

Színkontrasztok kiválasztása



105. ábra – Színkontraszt preferenciák

A 105. ábra mutatja az 5 legtöbb szavazatot kapott színkontrasztot. Megfigyelhető, hogy nem teljesen eltérő színűek, hanem összességében is egy rendszer figyelhető meg. A sötét- és világoskék a legnépszerűbb, aztán a világos színek, mint a foszforeszkáló zöld, majd a sárga, végül a kakukktojás a narancssárga, ami a vörös színezetével nem illik bele az eddig látott kék centrikus világba.

6.3 Összegzés

Ha mindenki számára szeretnénk egy terméket esztétikussá tenni az igen nagy feladat. Mint a közvélemény kutatásunkból is kiderült, ahány ember annyi vélemény, azonban, ha minden nézőpontból csak egy kicsit, engedünk, megtaláljuk a biztos középutat. A legtöbb ember szerint a szimmetria fontos, mert kell a rendezettség, de sokan az aszimmetriára szavaztak, hogy az szép, tehát a markereink aszimmetrikusak lesznek a részletekben, de mivel egy sémára –a háromszögek mátrixba rendezésére –épül mondhatni, hogy szimmetrikus is.

Valamint a legfontosabb, hogy variálhatóak, ugyanis illeszkedni kell minden esetben a környezetük színvilágához, harmóniájához. Ha például egy túlszűfolt irodaházat teszünk robotkompatibilissé, melynek minden szintje és minden folyosója ugyan úgy néz kis és egy elrendezésre épül, nem csak a robotok, hanem egyúttal az emberek útbaigazítását is megoldhatjuk.

A következőkben az utóbbi példánkra készítettük el az ELTE Etológia tanszék folyosójának a tervét az Etorobot és az ott dolgozók számára.

Természetesen erre a sémára az egész épületet, minden folyosót át lehet alakítani.

7 A MARKEREK KÓDOLÁSA

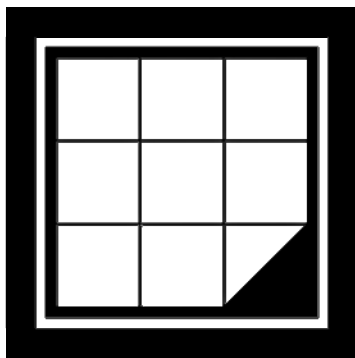
A robot orientációhoz szükségesek a markerek, tehát ha egy markert megtalált, felismerte, megtörtént a lokalizálás, tudja a robot, hogy hol van. De tekintsük is át, mi alapján történik meg a felismerés.

A legtöbb ipari marker esetében meg van határozva, hogy milyen szögből pontosan milyen távolságból kell a képet készíteni az információ megszerzéséhez. Illetve a QR kódok vagy a legtöbb okos kód esetében megadnak 3db alap bázispontot és egy vonatkozási pontot, melyek legtöbb esetben a 4 sarokban elhelyezve járulnak hozzá a pozicionáláshoz. Ezek azonban vizuális szögből egyáltalán nem esztétikusak.

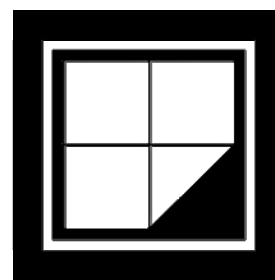
Mi a markereinknél egy jellegzetes alapformával, a háromszöggel adjuk meg ezt a bázispontot, valamint a marker körüli kerettel segítjük a felismerését. Azért ezt a formát alkalmazzuk, mert ez az a legminimálisabb forma, orientációs eleme, melyet könnyedén képes egy gépi látáson alapuló alakfelismerő értelmezni, még ha minimálisan torzul is az elem. Bázispont, illetve báziselem választására a legjobb a marker alsó sarkában elhelyezett derékszögű háromszög.

Esetünkben még orientációt adhat a forma változatossága is.

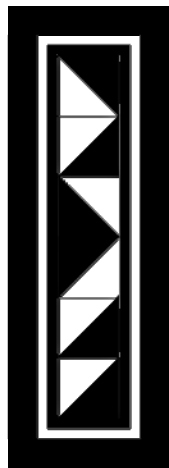
Legegyszerűbb és még elegendő variációt adó kód, ha veszünk egy 3x3-as osztású mátrixot keretbe foglalva (106. ábra), melynek az alsó sarkában egy derékszögű háromszöget helyezünk el, mely az orientációs cella. Ugyanis ha csak egy 2x2-es osztású kerettel közbe zárt mátrixot (107. ábra) vennénk, melyből szintén az egyik az orientációt adná meg, már csak 3 cellát használhatnánk a kódolásra, mely csupán 2^3 , azaz 8 variációt adna, ellentétben a 3x3-as osztású, azaz 2^8 (256) variációs lehetőséggel bíró markerrel.



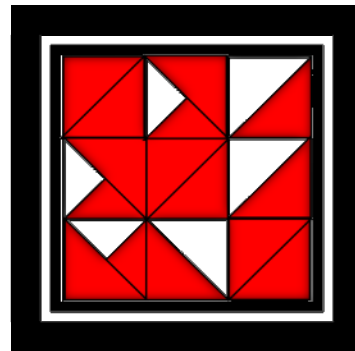
106. ábra – 3x3-as orientált mátrix típusú marker



107. ábra – 2x2-es orientált marker

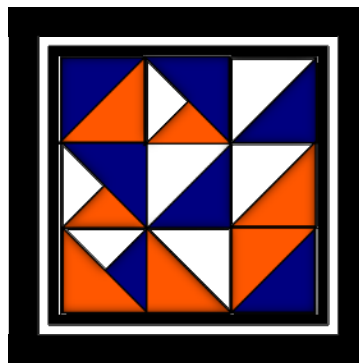


108. ábra – Egy oszlopos 6 elemes orientált marker



109. ábra – 3x3-as változó elemmérettel

Ha nem ilyen szimmetrikus az elrendezésünk, hanem pl. 1x9-es (108. ábra) vagy 3x4-es, akkor a kódolási kombináció mindig az összes elem mínusz az egy báziselem van a második hatványán, vagy ha egy-egy négyzetet nem kettő derékszögű háromszögre, hanem négy egyenlő oldalú háromszögre osztunk (109. ábra), akkor a negyedik hatványát kell venni, így növeljük a kombinációs lehetőségek számát. Valamint ez tovább fokozható az általunk is alkalmazott színekombinálással (110. ábra).



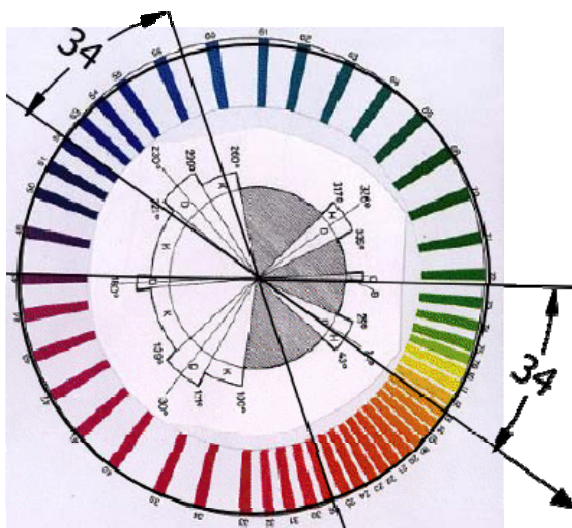
110. ábra – 3x3-as marker, változó elemmérettel és színnel

A szimmetrikus osztás azért bizonyul jobb megoldásnak, mert ha a torzulást ki tudja számolni a program a keret segítségével, akkor az egyes oldal egyeneseket három részre bontva egyszerűbben fel tudja osztani a teret, mellyel kiküszöbölnénk a hibalehetőségek számát.

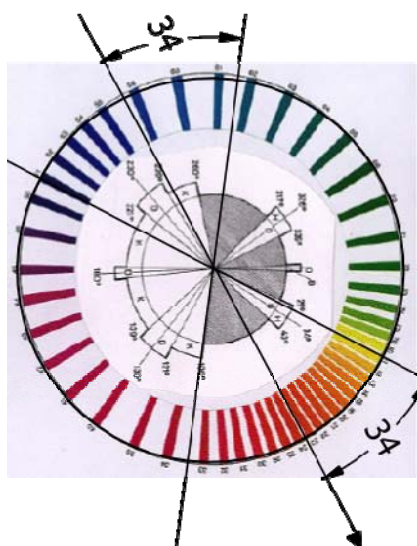
7.1 Színek és harmóniapárok

Az alábbiakban a Coloroid rendszer alapján meghatározott – 180°-os kontraszt szín, valamint +/- 34°-os harmóniapár- színeket választjuk össze (111.-117. ábra).

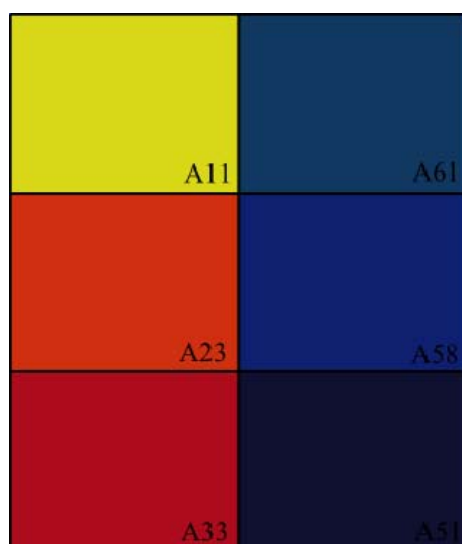
harmónia	szín	180°-os párja	alap szín +/-34°-os párjai	kontraszt szín +/- 34°os párjai
1.	A13 (111. ábra)	A52	A72 / A29	A58 / A45
2.	A23 (112. ábra)	A58	A11 / A33-A34	A61-A62 / A51
3.	A33 (113. ábra)	A61	A23 / A40	A64-A65 / A56
4.	A43 (114. ábra)	A70	A50 / A40	A74-A75 / A64
5.	A53 (115. ábra)	A14	A60 / A45-A46	A73 / A29
6.	A63 (116. ábra)	A38	A31 / A42	A69 / A60
7.	A73 (117. ábra)	A45-A46	A20 / A68-A70	A42 / A53

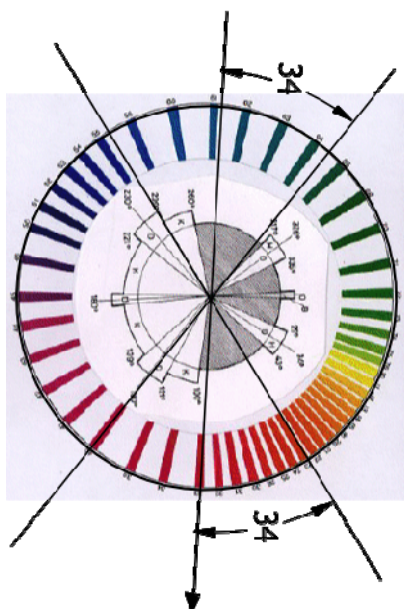


111. ábra – 1. harmónia

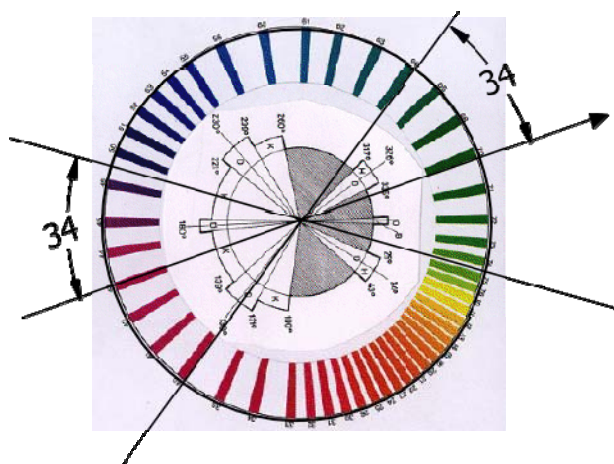


112. ábra – 2. harmónia



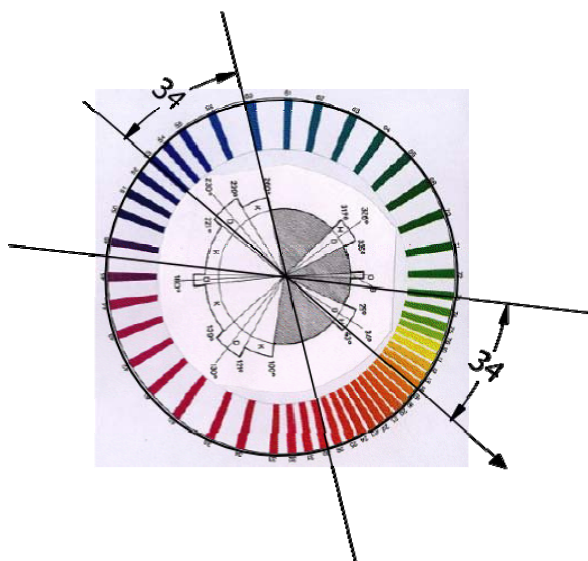


113. ábra – 3. harmónia

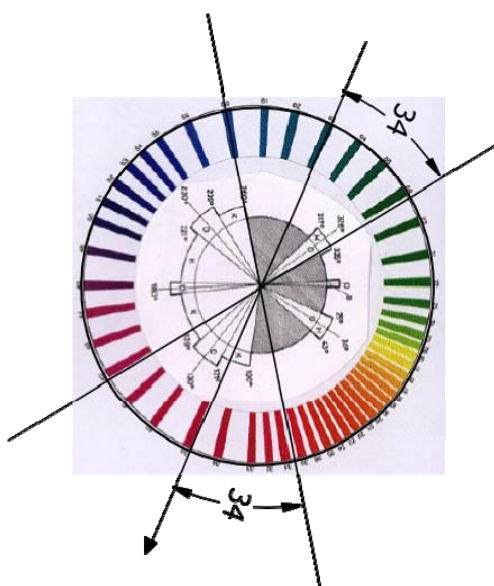


114. ábra – 4. harmónia

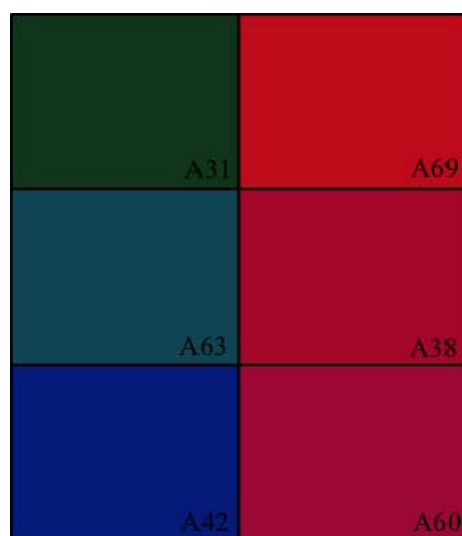


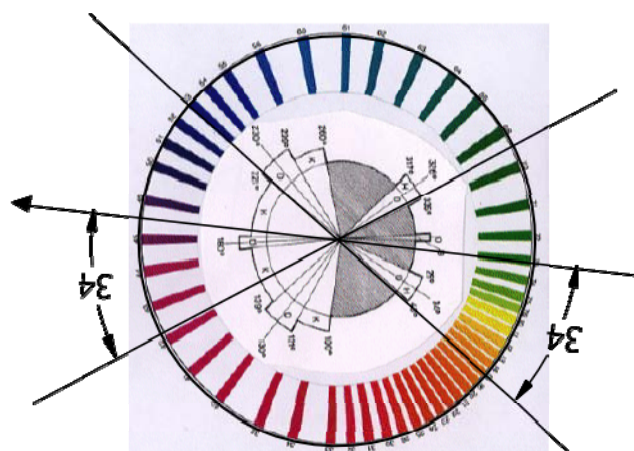


115. ábra – 5. harmónia



116. ábra – 6. harmónia





117. ábra – 7. harmónia



7.2 Konklúzió

Az ötleteink készítése valamint egyes darabok prototípusának megvalósítása és mérései nagyon hasznos és tanulságos volt. Megtudtuk, hogy az alapformák közül a szögletes, így a négyzet és a háromszögek használhatóak fel a legjobban, mert a kört valamint íves vonalakat nem tudja a program rendesen felismerni és értelmezni. A kódoláshoz szükséges kombinációs lehetőségek gyarapítás szempontjából a háromszögek nyertek, ugyanis rotációjukkal illetve színek variálásával egyre több kombinációt kapunk a markerek között.

Ezen megállapításokkal megalapoztuk eredeti elképzelésünket, miszerint a belsőépítészet minden területén helytálló markereket szeretnénk tervezni, ugyanis nem felhasznált anyagok, hanem a forma és színhasználatától függ, hogy egyes marker alkalmazható e. Természetesen az anyagok variálásánál figyelembe kell vennünk, a tükröződést, a fénylést és az átlátszóságot, de ezen tulajdonságok is a színek és textúra megfelelő választásában rejlik.

7.3 Feladatpontosítás

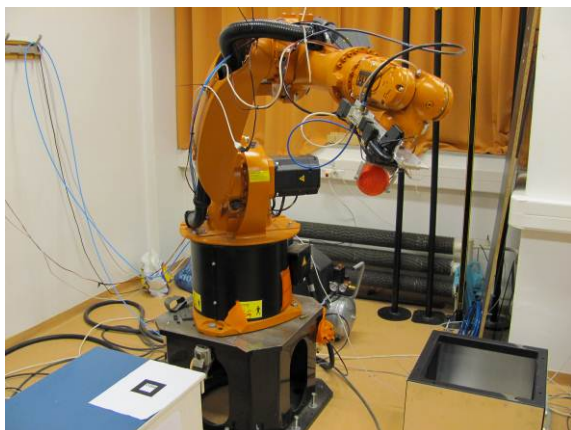
1. Egy olyan esztétikus markert tervezünk, mely bárhol felhasználható és a lehető legtöbb ember számára tetszetős.
2. A kódolásához szükséges kombinációs lehetőségek száma nagy legyen
3. A felismeréshez szükségesek forma a háromszög esetleg a négyzet
4. A szín használat a Coloroid rendszer színharmóniáján alapszik
5. Bázispont illetve keret használat

8 MÉRÉS

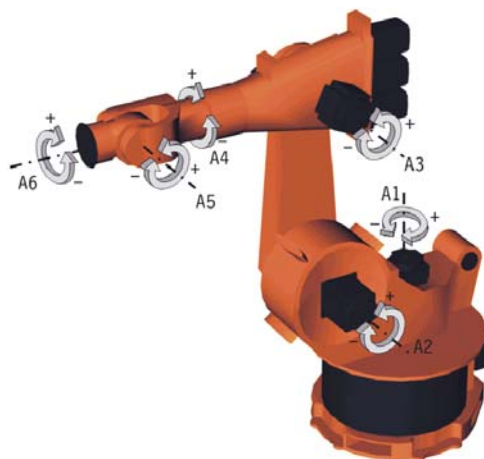
8.1 ARToolKit mérés

A későbbi összehasonlíthatóság érdekében lemértük az ARToolKit marker észlelhetőségi tartományát, úgy, hogy ismert pozíciókból ellenőrizzük, hogy az ARToolKit felismeri-e a markert. Itt első sorban arra voltunk kíváncsiak, hogy milyen távolságból, és, hogy milyen a vízszintessel bezárt szögből észlelhető a marker.

A méréshez a D épület 501-es laborjában található KUKA Robot KR 6 (118. ábra) ipari robotot használtuk, amelynek 6 szabadság foka van (119. ábra). A robot karra helyeztünk egy Logitech c170 webkamerát (640x480), és különböző pozíciókba mozgattuk a robot kart, ahol ellenőriztük, hogy a markert felismeri-e az ARToolKit. A robot kart nagy pontossággal tudtuk pozícionálni, amelyről visszajelzést kaptunk a kontrolleren.



118. ábra – KUKA Robot



119. ábra – KUKA Robot rajza

Markernek az ARToolKit példa programjában lévő markert használtuk (120. ábra), amelynek sikeres felismeréséről úgy kaptunk visszajelzést, hogy a marker középpontjában megjelent egy sematikus koordináta-rendszer ábrázoló AR kép a képernyőn (121. ábra).



120. ábra – ARToolKit marker



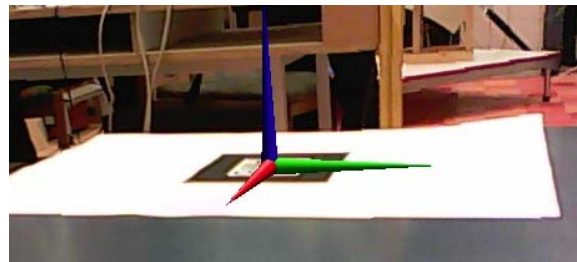
121. ábra – Képernyőkép a felismert markerről

A mérés kezdetén a robot kart a marker fölé mozgattuk, és ezt a pontot kineveztük az origónak. Ezután különböző pozíciókba mozgattuk a robot kart. Megpróbáltuk a szélső értékeket megkeresni, azonban +Z irányban a robot kar hossza korlátozta a mérési tartományt. A mért eredményeket a Melléklet tartalmazza.

Az észlelési tartományhoz a maximális és minimális távolságok mellett a vízszintessel bezárt szöget is kerestük. A pozíciókat átszámoltuk gömbi koordináta rendszerbe, és azt kaptuk, hogy a marker felismerhető a vízszintessel bezárt ~ 5 fokból is (122. ábra 123. ábra). Az ARToolKit a markert a QR kódokhoz képest sokkal alacsonyabb szögből is feltudja ismerni, amely a robot pozicionálásban hasznos lehet.

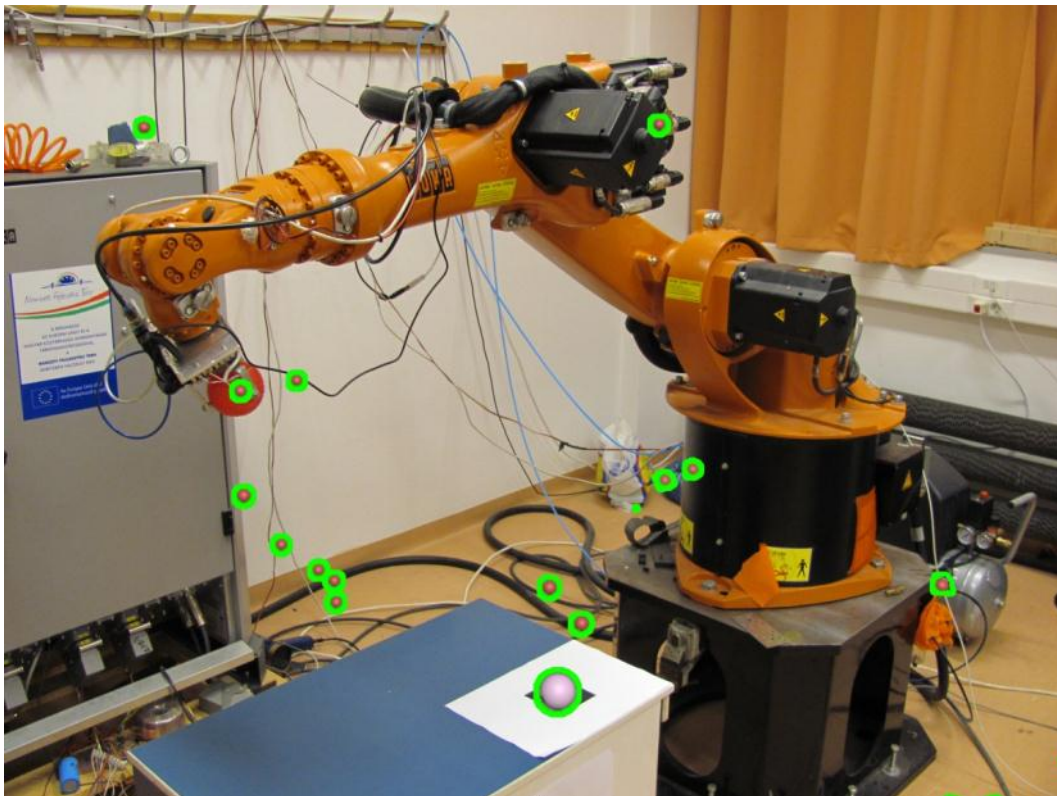


122. ábra – 18. pozíció, a marker nem ismerhető fel



123. ábra – 19. pozíció, a marker felismerhető

A mérés után a táblázatban szereplő adatokat elhelyeztük virtuális térben 3ds Max segítségével, majd a virtuális tér mérési pontjait egy valós fényképre illesztettük (124. ábra, az origót a világos, nagyobb gömb jelzi).



124. ábra – Mérési pontok egy fényképre illesztve

8.2 Spectralight III

A SpectraLight III segítségével beprogramozható a fényforrások mellett tudtuk a Kinekttel a képeket felvenni. Ennek köszönhetően, az ELTE-n zajló marker fotózás mellett megnőtt a megvizsgálható minták száma. Többféle fényforrás közül választhattunk és elsősorban az irodai horizont és a duál fluoreszcens TL-84 beállítást használtuk (125. ábra).



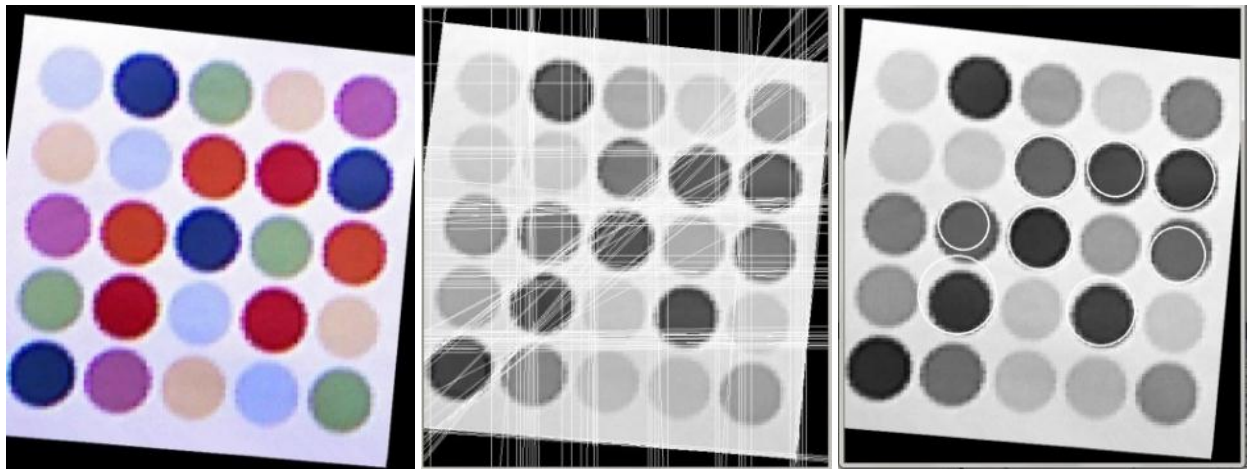
125. ábra – SpectraLight III mérés

8.3 Esztétikus markerek mérése

A következőkben az eddigi ötleteinket teszteljük az OpenCV open source szoftver, valamint a Visual Studio C++ program segítségével. A kísérletünk célja, hogy megtudjuk a Kinect által melyik a legfelismerhetőbb forma és szín, melyet a marker készítésekor használhatunk (126. ábra).

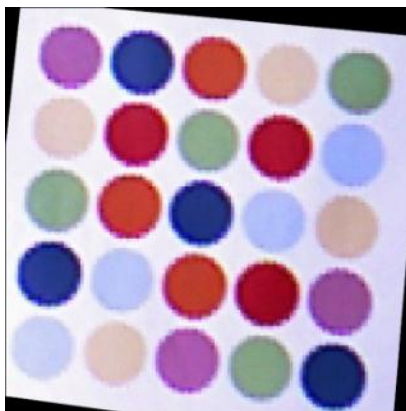


126. ábra – MS Visual Studio és OpenCV ikonok

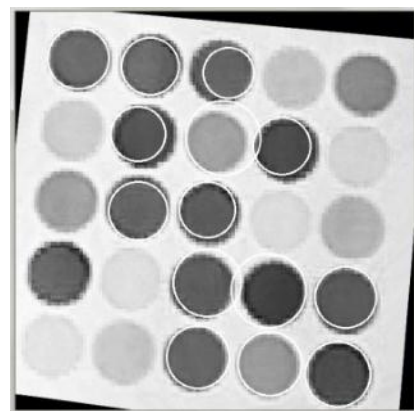


127. ábra – Formafelismerés 1

A 127. ábrán az eredeti ötletünk látható színesben, majd fekete-fehérben, ugyanis ez a legintenzívebb kontraszt pár, majd a formafelismerhetőséget vizsgáljuk. A fehér egyenesek azt jelzik, hogy a program, hogy próbálja megkeresni az egyes formákat és felismerni azokat. Ezt a jobb oldali képen a fehér körök jelölik.



128. ábra – Elforgatás

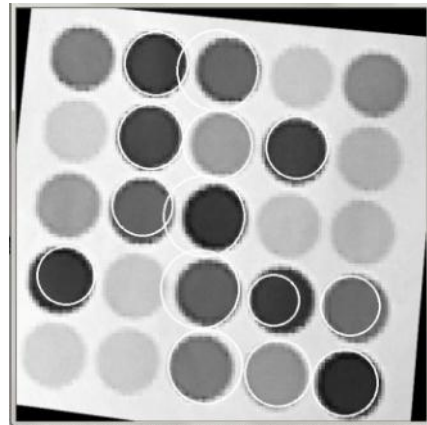


129. ábra – Felismerés 2

A 128. ábrán az eredeti képünk 90°-os elforgatottja látható. Itt (129. ábra) már megfigyelhető, hogy sokkal több formát sikerült beazonosítani, ugyanis míg a 127. ábrán csupán 6 kör volt ez esetben 14 kör van fehérrel bekarikázva.



130. ábra – Elforgatás magenta

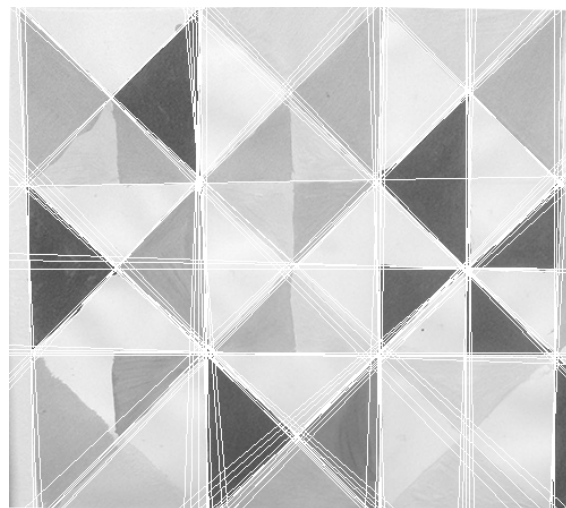


131. ábra – Felismerés 3

A 130. ábrán az original tervünk lilás-rózsaszíne és annak kontraszt színeivel átfestett változatát tanulmányoztuk és szintén 90°-os forgatásba állítottuk. Itt (131. ábra) is megfigyelhető, hogy a mélyebb tónusok jobban felismerhetőek, de ez attól is függ, hogy a kerethez képest hol helyezkednek el.



132. ábra – Festett minta

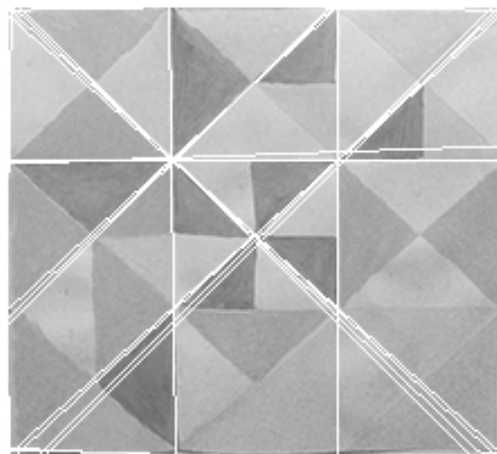


133. ábra – Felismerés 4

A 132. és 133. ábrán ugyan az volt a célunk. Itt megfigyelhető, hogy ellentétben az előző íves vonalakkal itt a háromszögek éles és egyen kontúrjai sokkal könnyebben értelmezhetők, valamint a kontrasztok használatával több és pontosabb adat ismerhető fel.

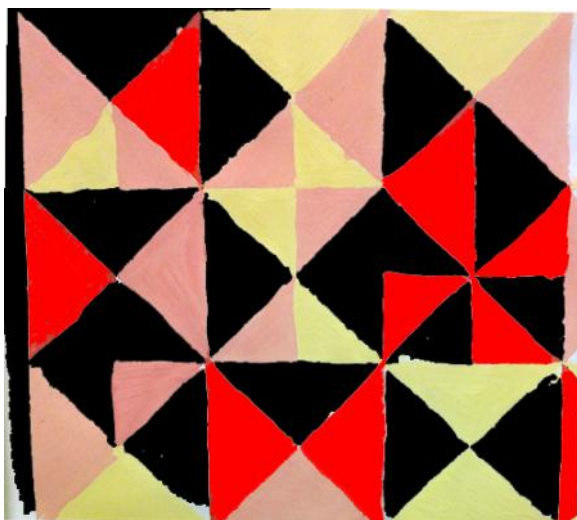


134. ábra – Festett minta 2

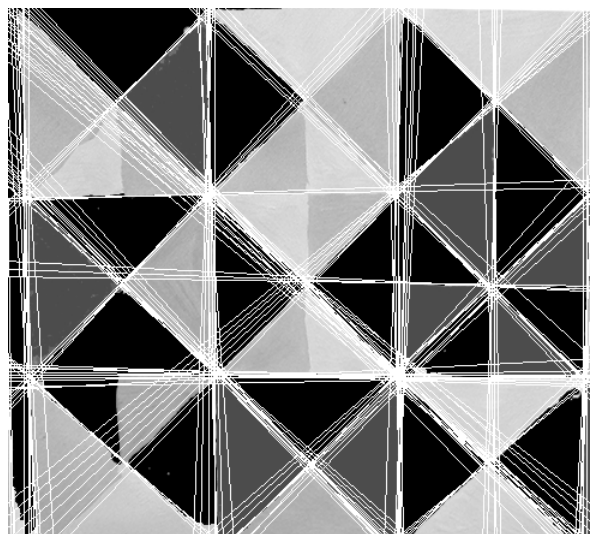


135. ábra – Felismerés 5

A 134. és 135. ábrán már kevesebb háromszöget sikerült elhatárolni a programnak, melyből levonhatjuk következtetésnek, hogy ez a színválasztás nem bizonyul a legjobbnak, nem elég élesek a kontrasztok a halvány színeknél így csak a mélyebb tónust tudta megkülönböztetni.



136. ábra – Festett minta 3

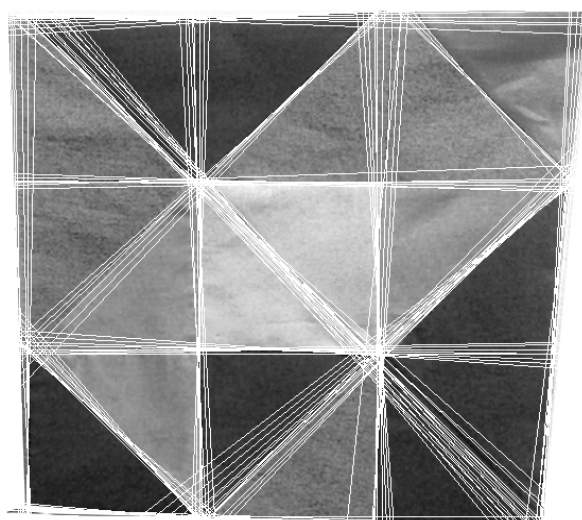


137. ábra – Felismerés 6

A 136. és 137. ábrán láthatjuk, hogy az erős kontraszttal érhetjük el a legjobb hatást. Bár egyes formákat nem a legpontosabban, de ennek ellenére minden háromszöget sikeresen elhatárolt, sőt a piros-fekete párosításnál még a méretben kisebbeket is tudta értelmezni a programunk.



138. ábra – Patchwork minta



139. ábra – Felismerés 7

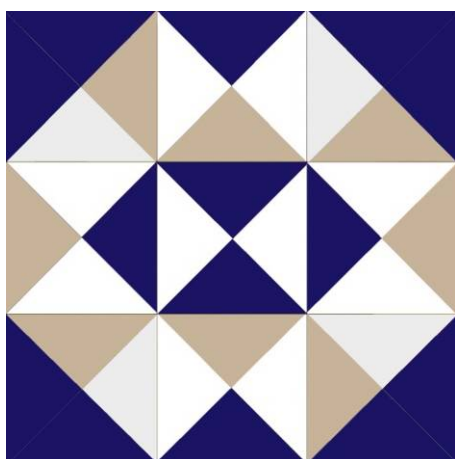
A 138. ábrán az anyagokkal való kísérletünket értékeltük ki. Megvizsgáltuk, hogy a varrás okozta torzulásnak köszönhetően az anyag és él deformálódás mennyire értelmezhető (139. ábra).

9 TOVÁBBI ÖTLETEK

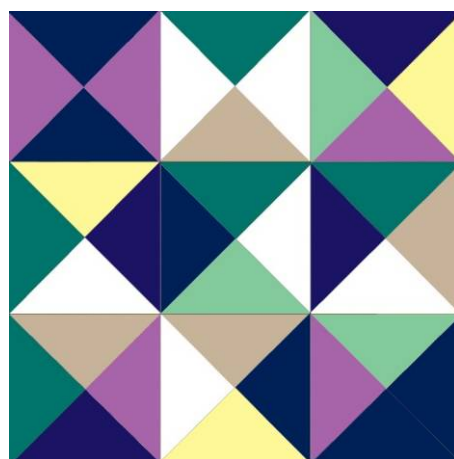
9.1 Követelmények

Alapkövetelmények
Illeszkedjen az adott enteriőrbe
Méreteiben ne legyen se zavaróan nagy se felismerhetetlenül kicsi
A marker alkotóelemei háromszögek
Színei a Coloroid rendszer színei
A marker felületét ne borítsa semmilyen csillogást vagy káprázást keltő felület pl. :plexi
Elhelyezés mind a gépi látás mind az emberi szem lésának megfelelő legyen
Méretei minimum 30x30 cm legyen keret nélkül

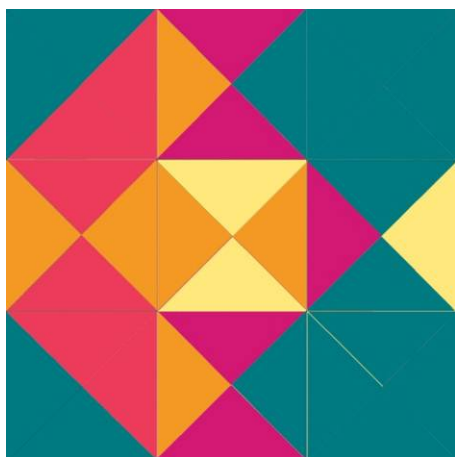
Az alábbi markerek tervezése során már odafigyeltünk egy bázispont megadására, mely a jobb alsó sarokban helyezkedik el, valamint a Coloroid rendszer színeit használtuk fel, mind a kontraszt mind a harmónia kialakításához (140.-144. ábra).



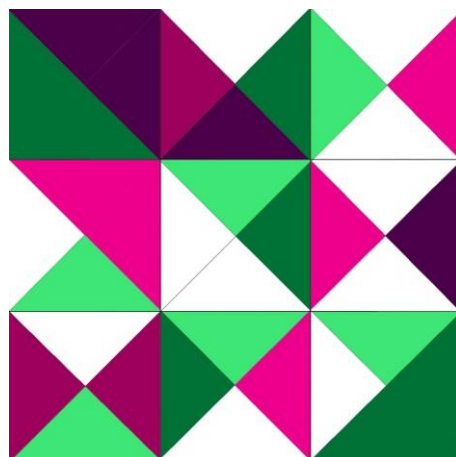
140. ábra – Továbbfejlesztett ötlet 1



141. ábra – Továbbfejlesztett ötlet 2



142. ábra – Továbbfejlesztett ötlet 3

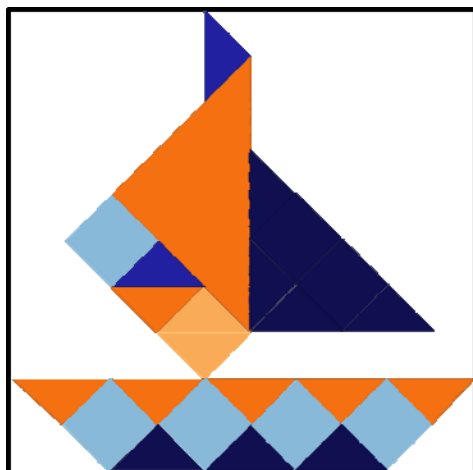


143. ábra – Továbbfejlesztett ötlet 4



144. ábra – Továbbfejlesztett ötlet 5

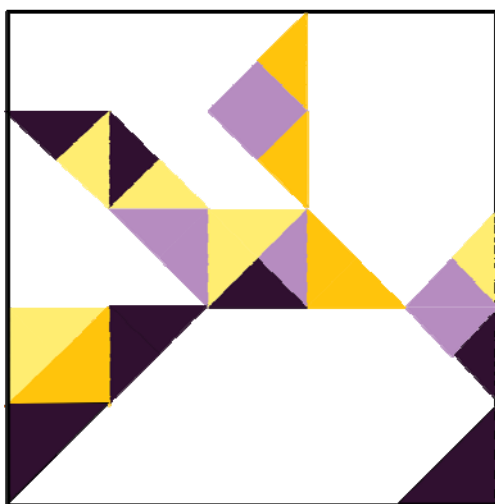
A következő továbbfejlesztések a Tangram játék által ihletett ötleteket mutatják. Arra figyeltünk, hogy a keret jobb alsó sarkához ide is csatlakozzon egy bázispontot jelölő cella valamint a háromszögek elhelyezése egy képzeletbeli mátrixba rendeződjön (145.-150. ábra).



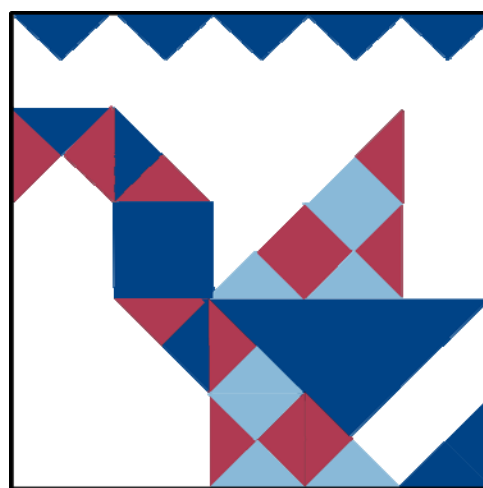
145. ábra – Továbbfejlesztés Tangram 1



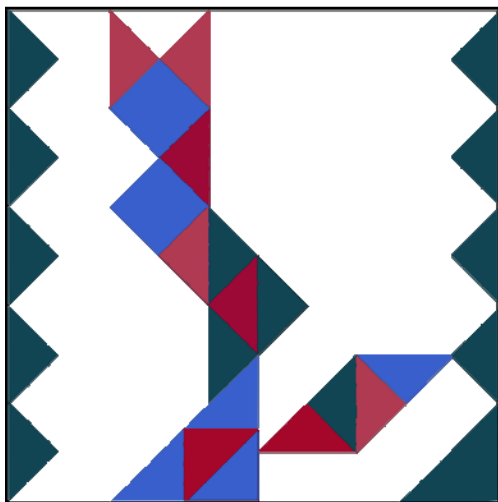
146. ábra – Továbbfejlesztés Tangram 2



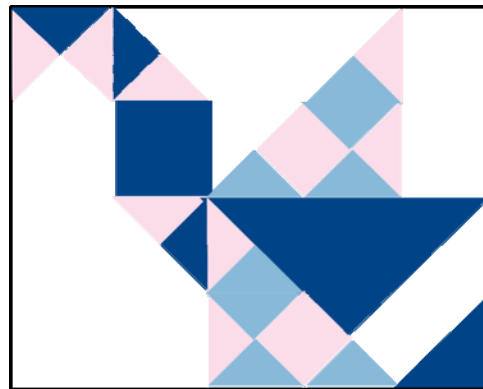
147. ábra – Továbbfejlesztés Tangram 3



148. ábra – Továbbfejlesztés Tangram 4



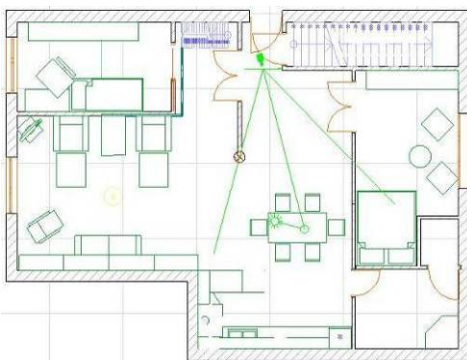
149. ábra – Továbbfejlesztés Tangram 5



150. ábra – Továbbfejlesztés Tangram 6

9.2 Egy otthoni robot-lokalizációs rendszerének kiépítési terve

A 151. ábrán a kamera látótere tekinthető meg a ház alaprajzán a bejáratból. Az alaprajzon a neonzöld csíkok mutatják, hogy melyik falat látja még a torzulás ellenére is. A 152. ábrán a jobb oldali marker az előszobában, a baloldali marker pedig az étkezőben van elhelyezve.

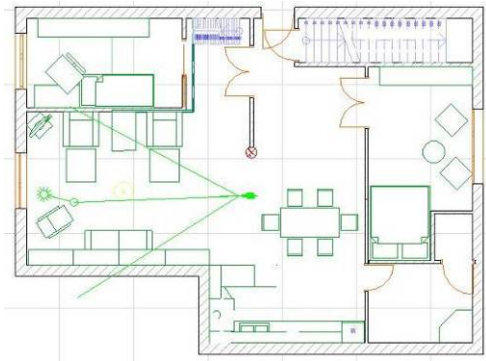


151. ábra – Kamera látótere a bejáratból



152. ábra – Kamera látótere a bejáratból – 3D

A következő két tervrajzon a nappali lokalizációjának az elrendezését látjuk. Már az étkezőből tökéletesen belátni a nappali mindhárom falát (153. és 154. ábra). Két marker elhelyezésére azért van szükség, mert a konyha (balról) illetve a gyerekszoba irányából (jobbról) is meg lehet közelíteni viszont mindegyik perspektívából csak egy-egy fal látszik.

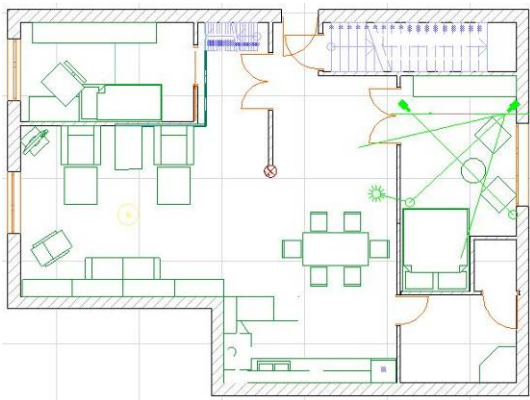


153. ábra – Kamera látótere: étkező/nappali



154. ábra – Kamera látótere: étkező/nappali– 3D

Az alábbi hálósobában a bejáratból nézve helyeztük el a legoptimálisabb helyen a markert (155. és 156. ábra).

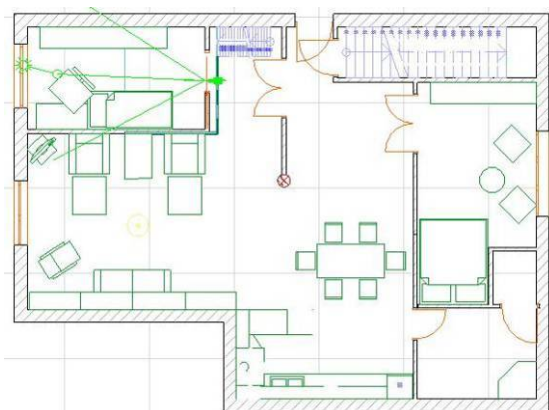


155. ábra – Kamera látótere a hálósobában



156. ábra – Kamera látótere a hálósobában – 3D

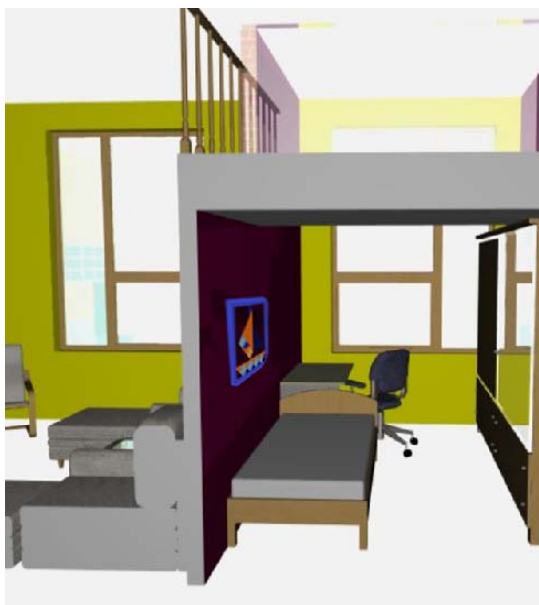
A 157. és a 158. ábrán a gyerekszoba behatárolásához szükséges markert láthatjuk.



157. ábra – Kamera látótere a gyerekszobában



158. ábra – Kamera látótere a gyerekszobában 2



159. ábra – Kamera látótere a gyerekszobában 3



160. ábra – Kamera látótere a gyerekszobában 4

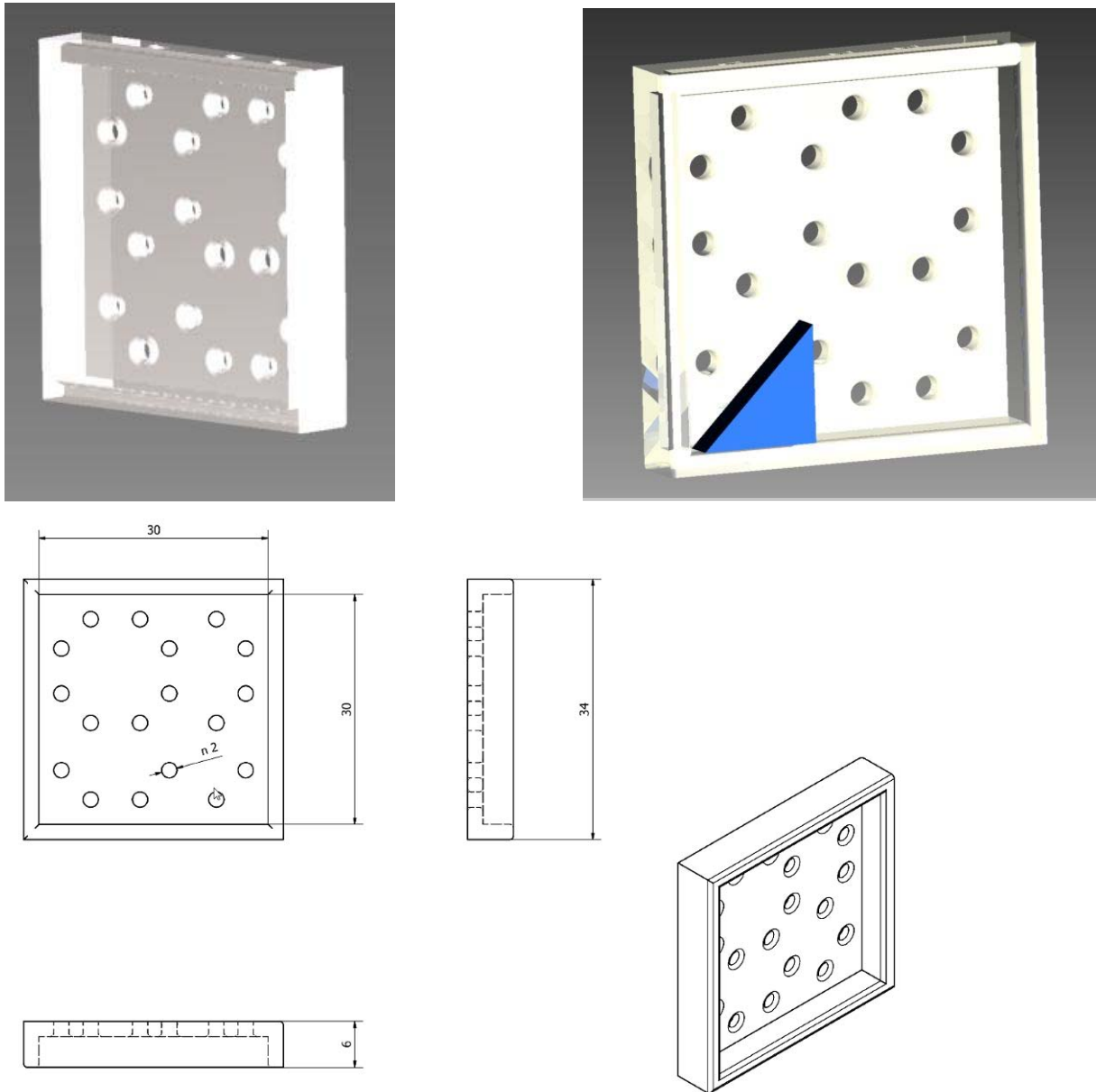
A 159. és 160. ábrán a gyermekszobában elhelyezett marker látható. Ide egy játékosabb elrendezésű markert választottunk, mint ahogy, a lakás minden helyiségében is figyeltünk arra, hogy a marker a környezetbe illő legyen.

A kialakítás során figyelembe kellett venni, hogy a lehető legtöbb perspektívából megközelíthető falra helyezzünk el markert, ehhez pedig szem előtt kellett tartanunk a zavaró, kitarló elemek mint például bútorok, oszlopok, falak, az ajtók nyithatósága (ez utóbbi vonatkozik a aszkevényajtókra is) által okozott látótér korlátozást.

10 MARKER ELHELYEZÉSE

Első fejlesztési ötletünk az volt, hogy egy hasonló információs táblába kerüljön kihelyezésre, mint a piacon már rendelkezésünkre álló névtáblák, azonban a legtöbb esetben ezt plexi borítja, mely a követelményjegyzékünknek is ellentmond, ugyanis az tükröződést, káprázást okoz a gépi látás számára.

Egy esztétikusabb és a követelményeknek is megfelelő terméket találtunk ki.



161. ábra – Marker tábla az információs táblák mintájára

Egy egyszerű keretbe pattinthatóak bele a matt felületű műanyag háromszög lapok. Csere esetén könnyedén visszapattinthatóak (161. ábra).

11 TOVÁBBI FEJLESZTÉSEK



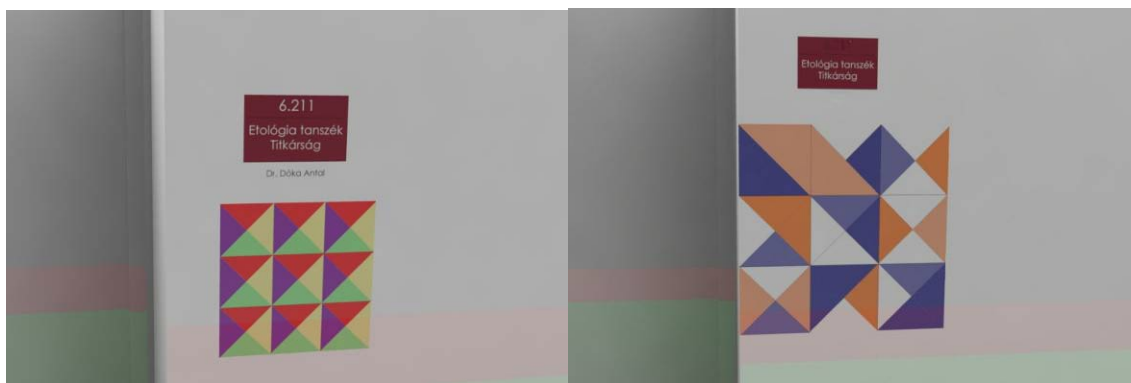
162. ábra – Folyosó egyszerű névtáblával

A fenti képen az ELTE Etológia tanszék folyosó részlete látható (162. ábra). Az általunk tervezett markereket e területre kívánjuk kihelyezni, irányt mutatva az Etorobotnak.



163. ábra – Marker kihelyezése

Az első terven a marker a már kint helyet foglaló információs névtáblák alá került (163. ábra). Bár a robot látás szempontjából a marker elhelyezésének a legideálisabb pozíciója a 80 cm szem magasság lenne- ugyanis ez a robotra szerelt Kinect magassága - esetünkben ez alkalmatlan a tanszéken kísérleti munkák céljából „dolgozó” kutyák közlekedési szokásai miatt. Így a fentiekben is látható marker a 120 cm-es magasságot kapta, mely még a 30x30-as marker esetében sem okoz akkora torzulást, amely a Kinect számára már felismerhetetlen lenne.



164. ábra – Különböző típusú, színű és méretű markerek névtáblával

A fentiekben a marker méretével kísérleteztünk az imént említett képtorzulás okozta hiba kiküszöbölése érdekében (164. ábra).



165. ábra – Elhelyezés a névtáblától távolabb

Az 165. ábrán a névtáblához viszonyított elhelyezéssel kísérleteztünk, hogy esztétikailag melyik opció lenne a leghelytállóbb.

Az egyik fő koncepciótervünk, miszerint az emberek útbaigazítására is ki szeretnénk találni egy megoldást, az volt, hogy információs csíkok fussanak egymással párhuzamosan végig a falakon, a folyosó elejétől az irodaajtókig. Minden ajtónak, így az ott dolgozóknak, meg van a saját színe, melybe a folyosó elején induló csíkokba írjuk bele az adott szobának a szobaszámát. Egy-egy szín, hogyha elérte az általa jelzett szobát, véget ér, innentől sem a falon sem a markerekben nincs feltüntetve, jelezve számunkra, hogy elértük célunkat. A 166. ábrán ennek a konstrukciónak az ötlet kidolgozása tekinthető meg. A fehér szünetek az ajtókat jelzik (az ábra nem méretarányos).



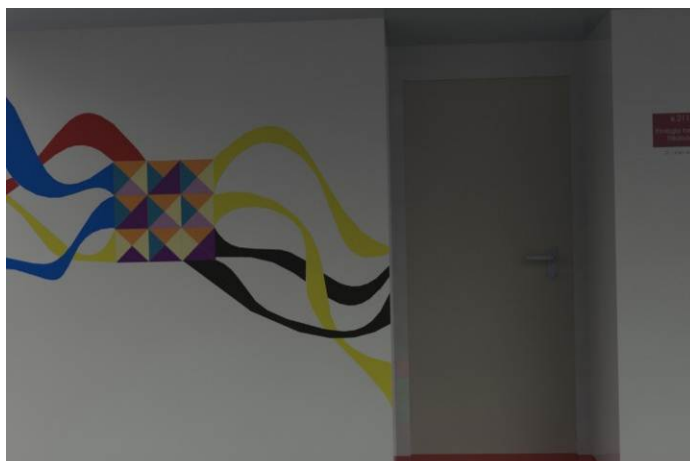
166. ábra – Variációk a csíkok és a markerek találkozására



167. ábra – Újszerű kapcsolódás a csíkok és a kép között

A 167. ábrán az információs csíkok kidolgozásának első koncepciója látható.

A tervünk az volt, hogy a markerek mintegy 3dimenziós kép kiugranak a falból maximum 5cm-re és a hozzá kapcsolódó csíkok tartó állványként funkcionálnak.



168. ábra – Csíkok és marker kapcsolódása

A 168. ábrán a csíkok és marker kapcsolódásának játékos, esztétikus megoldásának terve látható. Ezt a megoldást próbáltuk rendezettebb formára hozni, mely akármelyik folyosón megállja a helyét. Ez az elrendezési terv látható a 169. és 170. ábrán.



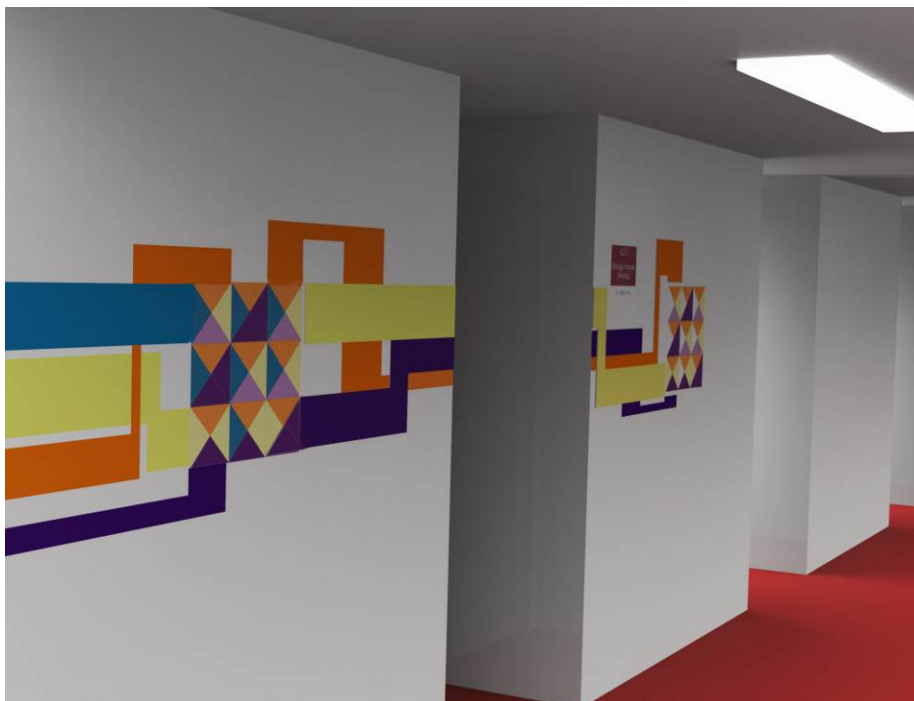
169. ábra – Továbbfejlesztett marker csík és ábra kapcsolódása 1



170. ábra – Továbbfejlesztett marker csík és ábra kapcsolódása 2

Látható hogy a markerek az ajtók közötti falszakaszon 120cm magasságban helyezkedik el a megfelelő színű csíkokkal körbefuttatva. Mint a 171. ábrán is látszik az fenti szoba a kék információs szint kapta, mely abból vehető észre hogy a marker után, a jobb oldalon, a kék szín már megszűnt és a következő marker ezt az szint már nem is tartalmazza.

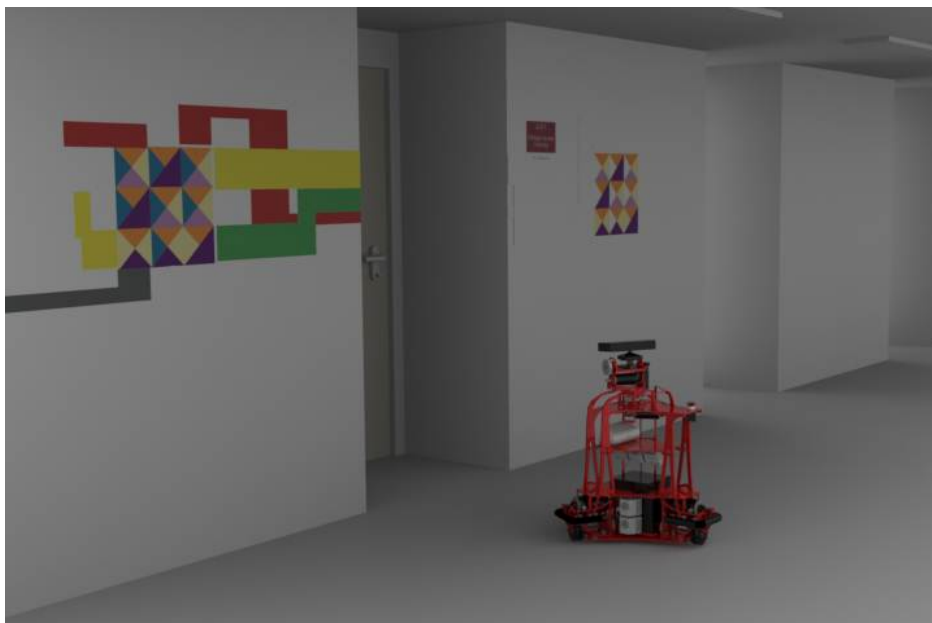
Így levonható a következtetés minden marker a tőle jobbra eső ajtó pozícionálását szolgálja.



171. ábra – Továbbfejlesztett marker csík és ábra kapcsolódása 3

A csíkok használatával nem csak az emberek útbaigazítását, hanem a vonalkód rendszer mintájára a robotokat is információval látunk el, ugyanis mint az a 172. ábrán is látszik a

csíkok tervezése során nem csak különböző színeket, de eltérő sávméreteket alkalmaztunk mellyel plusz információ tárolható.



172. ábra – Továbbfejlesztett marker csík és ábra kapcsolódása 4

A 173. ábrán a robot rálátását szemléltettük a markerre



173. ábra – Továbbfejlesztett marker csík és ábra kapcsolódása 1

A fenti ábrán a félreértések elkerülésére fejlesztettük ki azt a megoldást, hogy az adott ajtóhoz tartozó szín az információs táblát közrefogja, ezzel is jelezve, hogy elértünk az általunk keresett szobához.

A következő és egyben végső kidolgozásunk során a vonalkód csíkok a beugrókban is láthatók, így ha szembe halad vele a robot könnyebben tudja azokat érzékelni, mint a vele párhuzamosan futó képet (174. ábra).



174. ábra – Csíkok, vonalkód és marker robottal

Ez azonban nem minden esetben látható, ugyanis ha az ajtót a dolgozók éppen kinyitják, vagy nyitva hagyják azokat akkor a mögöttük helyet foglaló kép eltűnik a látótérből. A 175. ábrán a robot rálátását szemléltetjük a markerre illetve az információs csíkokra.



175. ábra – Marker és információs csíkok robottal

12 KONKLÚZIÓ

A marker tervezési feladat során új technológiákkal ismerkedtünk meg, más megvalósult rendszereket elemeztünk, hogy végül egy sajátot tudjunk megalkotni, ami az ELTE Etológia tanszékére is kiépíthető. A tervezés során a felhasználói igényeket, illetve a gépi látás korlátait vettük figyelembe. Így folyamatosan kontrollálni kellett, hogy a marker képe megfelelően beolvasható, ugyanakkor esztétikus legyen. Ez a kettő az elején látszólag kizárta egymást, de a végére összefonódtak, és a szintézisük által kialakult a végső megoldás. A meglévő markerrendszereken túl egy új kategóriát alkottunk, az esztétikus markereket. Ez a kategória eddig nem létezett, bár kísérletek voltak, melyek a meglévő kódrendszereket színessé tettek, de nem esztétikussá. A kutatás során, újszerűsége miatt is, nagyon sokrétű és időigényes feladattal találtuk szembe magunkat melyek hozzásegítettek a lehetőségek feltárásához és új kérdések felvetéséhez.

A jelenlegi kutatás során elkészült koncepciók a kezdő lépésként szolgálnak a robotkompatibilis élettér kialakításához. Az esztétikus markerek továbbfejlesztéséhez a következő problémákat kell még megoldanunk:

- Szoftver tervezés, és implementálás a markerek nagy biztonsággal való felismerésére.
- Mérések végzése a marker észlelésére különböző távolságokból és irányokból. Az eredmények összehasonlítása a korábban lemért ARToolKit-es eredményekkel.
- A kapott eredmények figyelembe vételével a markerek tovább fejlesztése, több információ tárolása érdekében.
- A megvalósított markerek éles használatban való kipróbálása a robottal, és emberekkel.

13 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnénk köszönetet mondani a GT3 Tanszék, a MOGI Tanszék, illetve az ELTE Etológia Tanszék munkatársainak a készséges segítségért.

14 IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Ministry of Economy, Trade and Industry: *Robot market projections announced - Growth to 9.7 trillion yen anticipated by 2035*, http://www.meti.go.jp/english/press/data/20100423_01.html (2012 október)
- [2] ARToolKit <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/> (2012 október)
- [3] QR-kód.hu: *Mi az a QR kód?* <http://qr-kod.hu/mi-az-a-qr-kod> (2012 szeptember)
- [4] Wikipedia: *Pinhole camera* https://en.wikipedia.org/wiki/Pin_hole_camera (2012 október)
- [5] Gary Bradski, Adrian Kaehler: *Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library*. O'Reilly, 2008. 11-12. fejezet
- [6] Devecseri Viktor: *Robot vezérlése képfeldolgozás segítségével*. Szakdolgozat, BME 2009. <http://users.hszk.bme.hu/~dv647/szakdolgozat.pdf> (2012 szeptember)
- [7] 60 Second Marketer: *Microsoft Tag vs. QR codes: The Debate Continues* <http://60secondmarketer.com/blog/2011/08/10/microsoft-tag-vs-qr-codes/> (2012 október)
- [8] Microsoft tag: *What are 2D Barcodes?* <http://tag.microsoft.com/what-is-tag/2d-barcodes.aspx> (2012 szeptember)
- [9] Wikipedia: *Kinect* <https://en.wikipedia.org/wiki/Kinect> (2012 október)
- [10] Matt's Webcorner: *Kinect* <http://graphics.stanford.edu/~mdfisher/Kinect.html> (2012 október)
- [11] Microsoft: *Kinect for Windows SDK* <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh855347.aspx> (2012 október)
- [12] Dr. Kovács Gábor: *Színtan, színmérés* <http://canopus.mogi.bme.hu/letoltes/MEGJELENITESI%20TECHNIKAK/Szintan.ppt> (2012 szeptember)
- [13] Kim Cooper, CJ Kazilek. *"Seeing Color."* ASU - Ask A Biologist <http://askabiologist.asu.edu/rods-and-cones> (2012 október)
- [14] Nemicsics Antal: *Coloroid színrendszer* <http://colourandlight.hu/index.php/coloroid-szinrendszer.html/> (2012 szeptember)

15 MELLÉKLETEK

15.1 ARToolKit mérés eredmények

Mérés: 1. táblázat – A mért pozíciók a kinevezett origóhoz képest

#	x [mm]	y [mm]	z [mm]	látszik	távolság [mm]	függőlegessel bezárt szög [fok]	X tengellyel bezárt szög [fok]
1	-228,00	-40,00	298,00	I	377,34	37,84	9,95
2	-187,00	-53,50	350,00	I	400,41	29,06	15,97
3	0,00	-53,50	1434,00	I	1435,00	2,14	0,00
4	-196,00	707,50	756,78	I	1054,37	44,13	-74,52
5	-225,00	-331,36	585,51	I	709,40	34,37	55,82
6	-442,62	-356,99	585,51	I	816,20	44,16	38,89
7	-150,00	-782,50	186,00	I	818,17	76,86	79,15
8	-546,04	290,80	332,34	I	702,26	61,76	-28,04
9	-222,36	347,48	315,54	I	519,38	52,59	-57,38
10	-51,15	301,34	310,19	I	435,48	44,58	-80,37
11	87,73	164,53	310,19	I	361,92	31,01	61,93
12	82,98	108,30	325,24	I	352,70	22,76	52,54
13	197,60	-290,70	314,16	I	471,43	48,21	-55,79
14	45,38	-668,52	331,02	I	747,36	63,71	-86,12
15	10,39	-823,38	568,87	I	1000,84	55,36	-89,28
16	-30,78	-515,77	0,11	N	516,69	89,99	86,58
17	-30,77	-515,77	31,36	I	517,64	86,53	86,59
18	-39,42	-645,68	31,36	N	647,64	87,22	86,51
19	-39,42	-553,90	31,36	I	556,19	86,77	85,93
min	-546,04	-823,38	0,11		352,70	2,14	-89,28
max	197,60	707,50	1434,00		1435,00	89,99	86,59
diff	743,64	1530,88	1433,89		1082,30	87,85	175,86

15.2 Kérdőív

Esztétikus marker

Kezdő oldal

Az alábbi kérdőív kitöltésével a TDK munkánkhoz szükséges adatok és információk megszerzéséhez járulsz hozzá. Az itt megadott adatokat bizalmasan kezeljük és kizárólag a statisztikai elemzéshez használjuk fel. Kérek minden kérdésre adj választ.

Kérem adja meg a következő adatokat :

1. Életkor

2. Nem

Nő

☐

Férfi

☐

3. Legmagasabb iskolai végzettség

4. Lakhely

Egyéb :

5. Beosztás

Egyéb :

6. A munkahelyedre mi illik az alábbiak közül a leginkább?

Egyéb :

Következő

1. Melyik tetszik a legjobban?



1



2



3



4



[Előző](#)

[Következő](#)

2. Mi a véleményed a szimmetriáról?

- ☐ Nem szeretem a szimmetriát, mert túl merev küllemet ad
- ☐ A részletekben feltűnhet, de az egész, összességében inkább aszimmetrikus legyen
- ☐ Nincs semmi bajom a szimmetriával, de mégis az aszimmetriát részesítem előnyben
- ☐ Legyen szimmetrikus, mert az a rendezettséget tükrözi

[Előző](#)

[Következő](#)

3. Az alábbi képeket 5-ös skálán pontozd aszerint, hogy mennyire tetszik.



	1	2	3	4	5
1. kép	☐	☐	☐	☐	☐
2. kép	☐	☐	☐	☐	☐
3. kép	☐	☐	☐	☐	☐
4. kép	☐	☐	☐	☐	☐
5.kép	☐	☐	☐	☐	☐

Előző

Következő

4. Ezt hol tudnád elképzelni?



- ☐ Gyerekszoba
- ☐ Iroda
- ☐ Egy lakás bármely része
- ☐ Sehol, mert nem tetszik

Egyéb :

[Előző](#)

[Következő](#)

Esztétikus marker

5 / 9

5. Ezt hol látnád szívesen? (írd le a kép alá)



Előző

Következő

6 / 9

Esztétikus marker

6. Hol látnád szívesen?



- ☐ Iroda
- ☐ Lakás
- ☐ Folyosó
- ☐ Sehol, mert nem tetszik

Egyéb :

Előző

Következő

7. Milyen formátumban jelenjen meg a kontraszt?

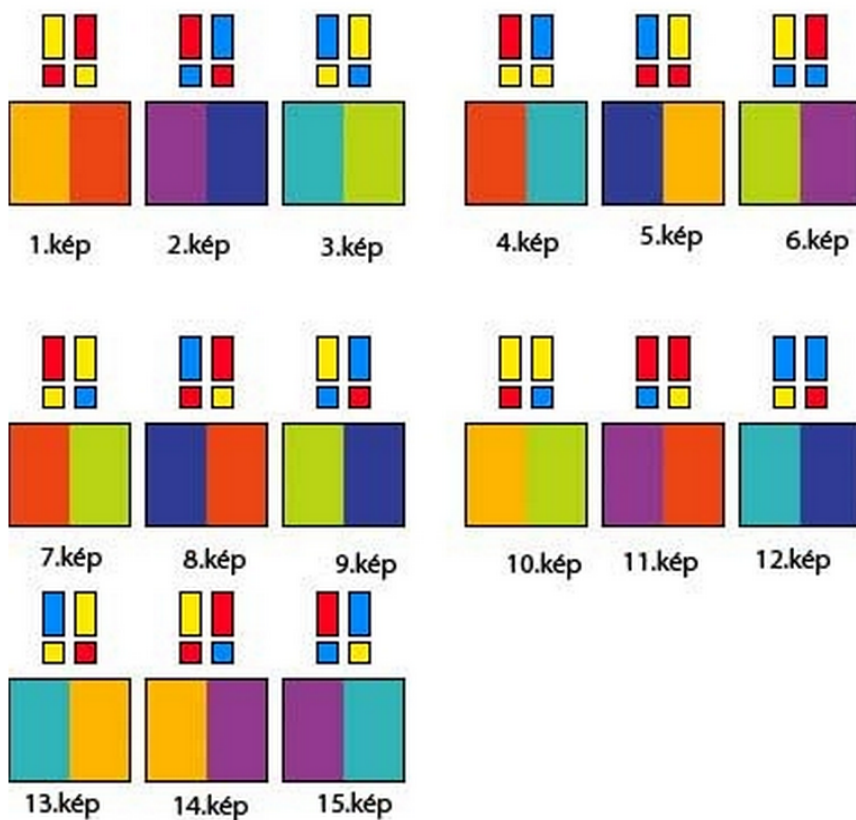
- ☐ Szín
- ☐ Forma
- ☐ Együtt a kettő
- ☐ Nem szeretem a kontrasztos dolgokat

Egyéb:

[Előző](#)

[Következő](#)

8. Melyik kontraszt tetszik? (többet is jelölhetsz)



- ☐ 1. kép
- ☐ 2. kép
- ☐ 3. kép
- ☐ 4. kép
- ☐ 5. kép
- ☐ 6. kép
- ☐ 7. kép
- ☐ 8. kép
- ☐ 9. kép
- ☐ 10. kép
- ☐ 11. kép
- ☐ 12. kép
- ☐ 13. kép
- ☐ 14. kép
- ☐ 15. kép

[Előző](#)[Következő](#)

Esztétikus marker

9 / 9

9. Kérlek add meg az emailcímedet, amennyiben megkereshetünk a következő napokban egy újabb rövid kérdőívvel.

[Előző](#)[Következő](#)