



Balassi Bálint Nyolcévfolyamos Gimnázium

Zainkó Gergő (9.A)

Zainkó Noémi Tímea (11.B)

FALMÁSZÁST SEGÍTŐ EDZÉSTÁMOGATÓ RENDSZER

TDK dolgozat

KONZULENSEK

Dr. Zainkó Csaba és Dr. Fehér Gábor

BME-TMIT

Budapest, 2024. november 3.

Összefoglaló

A falmászás egy dinamikusan fejlődő sportág, amely Magyarországon is egyre népszerűbb mind az amatőr, mind a profi sportolók körében. A mászás egy összetett mozgásforma, ahol számos tényezőt kell figyelembe venni, ezért az egyéni fejlődés folyamata sokszor elakad különböző problémák miatt.

Dolgozatunkban egy olyan rendszer elemeit mutatjuk be, amely segíti a sportolót az edzésmunkájában, követi a mozgását, fejlődését. A cél az, hogy egy olyan megoldás készüljön el, amely amatőr sportolóknak nyújt segítséget, de nem igényel költséges beruházást, eszközöket.

Az általunk elkészített rendszer a mindenki által gyakran használt mobiltelefonon alapul, amely az eszköz kamerájának segítségével a mászó mozgását rögzíti, majd az elkészített videót a szoftver kielemezi. Az analízis alapján követhető a mászó fejlődése, segítséget kap az előrehaladáshoz, például rávilágít az út megmászása közbeni hibákra.

A kutatás során figyelembe vettük a különböző eszközök használatának előnyeit, hátrányait és a videófelvétel elemzésének esetleges nehézségeit is, például a kameraszöveget, a videó élességét, a fényviszonyt vagy a ruházat hatását. A komponensekben mesterséges intelligenciát (AI) és hagyományos algoritmusokat is használtunk.

Mivel mi is a mászóközösséghez tartozunk, az edzéstudomány kidolgozásához edzőkkel konzultáltunk, illetve a program és algoritmusok teszteléséhez saját magunk és ismerőseink mászásából adatbázist készítettünk, amelyen teszteltük a rendszert.

Tartalomjegyzék

1 Bevezetés	1
1.1 Sportág bemutatása	1
1.1.1 Kültéri mászás.....	2
1.1.2 Beltéri mászás/sportmászás	3
1.1.3 Utak nehézsége	4
1.1.4 Felszerelés.....	4
1.2 Hasonló megoldások	5
1.3 Edzés tervezés	6
1.3.1 Az edzés alapelvei	7
1.4 Kutatási módszereink.....	8
2 Edzés támogató rendszer.....	10
2.1 Eszközigény	10
2.1.1 Mobiltelefon.....	10
2.1.2 Egyéb kamerák	10
2.1.3 Okosóra és okoskarkötők.....	11
2.1.4 Speciális ruhák	11
2.1.5 Orvosi szenzorok	11
2.2 Az edzések megtervezése	11
2.3 Mozgás javítás	13
2.4 Fejlődés követése	13
2.5 Interakciós szint	13
2.6 Vészjelzés	14
2.7 Valós idejű visszajelzés	15
2.8 Oktatás	15
3 Megvalósított rendszer	16
3.1 Adatbázis összeállítása.....	16
3.2 AI alapú megoldások	17
3.3 Mozgás követése	17
3.3.1 Kamera minőség	19
3.3.2 Fényviszonyok	21
3.3.3 Felvételi pozíciója.....	21
3.3.4 Ruházat hatása	22
3.4 Adatok feldolgozása.....	23
3.4.1 Emberek azonosítása.....	23

3.4.2 Mászó azonosítása	24
3.4.3 Videó maszkolása	25
3.4.4 Mászó pontos követése	26
3.5 Mászófal elemzése	27
3.6 Kinyerhető információk	28
3.6.1 Mászás idő alapú mérőszámai	28
3.6.2 Pihenések azonosítása és mérése	29
3.6.3 Fogások mérőszámai.....	30
3.6.4 Mozdulatok optimalizálása	30
3.6.5 Veszélyes helyzetek	31
3.6.6 Pulzus követés.....	32
3.7 Származtatott adatok	32
3.7.1 Út nehézségének meghatározása.....	32
3.7.2 Egyéni fejlődés követése	32
3.8 AI alapú tanácsok.....	33
4 Továbbfejlesztési lehetőségek	34
4.1 Használhatóság	34
4.1.1 Futtatási környezet	34
4.1.2 App készítése	34
4.1.3 Modellek és új funkciók	34
4.1.4 Mérőszámok, analízisek.....	35
4.1.5 Mászótermi infrastruktúra.....	35
4.2 Teljes edzésmunka támogatása	35
5 Összefoglalás.....	36
Függelék.....	39

1 Bevezetés

A mászásnál 2 fő csoportot (kültéri és beltéri mászás) és azokon belül 5 különböző alcsoportot (sziklamászás, via ferrata, boulder, gyorsmászás, nehézségi mászás) különítünk el. Kutatásunk során a beltéri mászást vizsgáltuk bővebben és azon belül is a nehézségi mászásra koncentráltunk. A mászás informatikai eszközökkel való technikai támogatása kezdetleges még, de mostanában kezd a sport népszerűségével párhuzamosan növekedni. A fejlődést jól mutatja, hogy munkánkkal párhuzamosan megjelent több ígéretes fejlesztés is, amelyek főleg egy másik egyszerűbb szakágat helyeztek a középpontba, a boulderezést.

Az általunk preferált nehézségi mászás hosszabb utakon történik, több technikai felszerelést igényel, így tudományos és fejlesztési kihívást is többet tartalmaz. Dolgozatunkban bemutatjuk a mászás sportot és azok elterjedt ágait. A második fejezetben összegezzük, hogy egy edzés támogató rendszernek mit kellene tudnia, milyen megoldások lennének optimálisak a mászó számára. Itt a teljesség kedvéért és a jövőbeli kutatások irányának meghatározása miatt azokat a megoldásokat is számba vettük, amelyeket idő vagy erőforrás hiánya miatt nem tudunk megvalósítani, mivel nagyobb csapat vagy cég kellene hozzá.

A harmadik fejezetben mutatjuk be azokat a kísérleteinket és megvalósított programjainkat, amelyek megalapozzák egy jól működő, teljes edzéstámogató rendszert. Kidolgoztunk algoritmusokat, amelyek a videófelvevételekből adatokat tudnak automatikusan kinyerni, illetve egy edzéstámogató appnak a háttérmegoldásai lehetnek.

Az összefoglalást megelőző fejezetben pedig felvázoltuk azokat a jövőbeli irányokat, megoldásokat, amelyeket a kutatásaink, kísérleteink alapján érdemes követni.

A TDK kapcsolódó videóit a következő oldalra raktuk fel: <https://zaigerg.github.io/tdk2024/>

1.1 Sportág bemutatása

A mászás, mint sport az elmúlt pár évtizedben vált ismertebbé.[1] A sportág beltéri verziója a 2020-as tokiói olimpián mutatkozott be. 2024-ben 2 szakág is versenyzett, a 2028-as Los Angeles-i olimpián pedig már mindhárom szakág önálló versenyszámként jelenik meg. A rendszeres kihívásokat tartalmazó, adrenalinban gazdag sportághoz napjainkban egyre több ember kap kedvet. Ez a sport fejleszti az állóképességet, motorikus mozgást, koncentrációt és a magunkhoz való hozzáállást. Jobban megismerhetjük önmagunkat és korlátainkat, legyőzhetjük félelmeinket, ezzel növelve az önbizalmunkat. Ezen kívül az egész testet átmozgatja, mivel egy-egy pálya megmászásához különböző izomcsoportjainkat kell használnunk.

A kültéri sziklamászás szabadban történő sporttevékenység, amit tavasztól őszi az időjárásra való tekintettel lehet űzni a sziklafalon. Ennek egy másik fajtája a via ferrata ("vasalt út"), ahol a sportolók az útvonalakon rögzített acélkötél segítségével mászhatnak a meredek hegyoldalakon.

A beltéri falmászás a sziklamászás mesterséges körülmények között végezhető formája. Ez a mozgásforma műfalon, előre megépített utakon történik. 3 nagy csoportra bontható: gyorsasági mászáskor a mászó felső biztosítással mászik, minél gyorsabban egy szabvány pályát. Boulderezésnél, a sportolók biztosítás nélküli, alacsony magasságban technikás utakat teljesítenek. Nehézségi mászáskor pedig egy másik ember biztosításával, hosszú, különböző nehézségű és képességeket igénylő utakat másznak meg a műfalon.

1.1.1 Kültéri mászás

Sziklamászás

A sziklamászás kültéri sporttevékenység, amit jó időben, tavasztól őszi lehet űzni. A sziklákon a sportmászás mai formájánál egy-egy falrész nittekkkel, fémrögzítési pontokkal, van kijelölve, ahová a mászó rögzíteni tudja magát. Konkrét pálya itt nincsen, a sportolónak kell megtalálni az utat és a fogásokat, repedéseket a falban. Ennek egy másik fajtája, mikor a mászónak még a rögzítési pontokat is magának kell behelyeznie. Ez külön felszerelést és mászási ismeretet igényel, amihez egy vizsgát kell letenni. A pálya során, nittről nitre kell haladni és beakasztani a kötelet a kijelölt helyekre, amelyek később biztosítanak. Miután valaki felért az út tetejére és befűzte a kötelet az utolsó akasztásba, a következő sportoló már top rope-ban mászhatja a pályát, ami azt jelenti, hogy felülről van biztosítva, így nem kell a mászása során külön megállnia beakasztania a kötelet a megfelelő helyekre.

A sziklamászásnak létezik egy tradicionális verziója is, ahol nincsenek előre kiépített utak, itt különböző ékek és speciális biztosítók segítségével a mászó maga alakítja ki a rögzítési pontokat.

Via ferrata

Via ferratázáskor a mászók egy előre kiépített útvonalon haladnak a sziklán, ahol mesterséges vagy természetes lépések találhatók.[2] A különböző nehézségi szinteknek megfelelően, például a könnyebb pályákon több fém elem, létra, patkó biztosítja a mászó továbbhaladását. A beülőhöz, amit a sportolók viselnek, 2 karabiner tartozik, amit a via ferratázás során végig egy drótkötélen kell csatolni. Ezen kívül van egy pihenőszár is, melynek segítségével a mászás közben meg lehet pihenni. A via ferratázás egyre népszerűbbé válik a turisták körében is, mivel sok gyönyörű helyszínt a magasból, sziklákról, biztonságban megnézhetik a sportolni vágyók. Ezeket a panorámákat a túraútvonalokról nem érhetnék el az emberek.

Boulder

Kültéri boulderezés közben a mászók biztosítás nélkül kisebb falakat és sziklákat másznak, ahol az esést kisebb hordozható szivacsok elhelyezésével teszik biztonságosabbá. A boulder utak megadott fogásokból, illetve lépésekből állnak, a cél a legfelső („top”) fogás két kézzel történő érintése és legalább 2 másodpercig történő megtartása. Hogy az egyes lépéseket a mászó hogyan teljesíti, a lépések között miként mozog, hová terhel, nincs előre meghatározva, hanem az egyénre van bízva.

1.1.2 Beltéri mászás/sportmászás

Gyorsmászás

Gyorsasági mászáskor a mászó egy szabvány pályát mászik meg, ami 15 méter magas. Minden fogás helye és egymástól való távolsága pontosan meg van határozva, szabványosítva van. A cél, hogy az utat minél gyorsabban teljesítsék. A mostani világrekord a női gyorsmászásban 6 mp környékén van, míg a férfiaknál 5 mp alatt érnek fel a pálya tetejére. A mászót auto belay, automatikus biztosítórendszer biztosítja a pálya tetejéről. A gyorsmászás 2024-től önálló olimpiai versenyszám.

Boulder

Boulderezésnél, a sportolók, kb. 3,5-4m maximális magasságú és különböző nehézségű pályákat másznak. Az alacsony magasság miatt nem szükséges kötél, amivel biztosíthatnák a mászót, csak egy vastag, keményebb szivacs védi őket a leesés okozta komolyabb sérülésektől. Itt az utak teljesítéséhez általában sokkal több technika, erő és dinamizmus szükséges a rövidségük és nehézségük miatt. A boulderezés is egyre népszerűbb, mivel nem kell hozzá partner, aki biztosítana és különleges felszerelés sem szükséges. Ennek ellenére társaságban is szórakoztató időtöltés ez a sport, mivel az utak megoldásait a mászók meg tudják vitatni egymással, miközben a másiknak szurkolnak egy-egy út megmászása közben.

Nehézségi mászás

Nehézségi mászáskor a mászók egymást biztosítják hosszú, különböző nehézségű és képességeket igénylő utak mászásakor műfalon, amelyeken különböző méretű és nagyságú fogások vannak elhelyezve. A falak lehetnek 10, 15, vagy akár 20 méteresek is. A mászó elsődleges célja, hogy az adott út tetejét elérje, a gyorsaság ennél a mászásnál csak egy másodlagos szempont. A falmászás nagy előnye, hogy a sziklamászáshoz szükséges erőnlét és technikai tudás biztonságos körülmények között megszerezhető, illetve arra is alkalmas, hogy a sportoló a már megszerzett jó kondícióját hosszú távon megőrizze.

Nehézségi mászás esetén a biztosítás történhet felső biztosítással („top rope-ban”), mikor a kötél a pálya fölött van rögzítve. Ekkor a sportoló akár megszakítás nélkül teljesítheti a pályát.

A másik lehetőség az előlmászás. Ennél a mászásformánál a sportoló a dinamikus (nyúlóképes) kötelet egy speciális csomóval a beülőjére köti és a mászása során, bizonyos távolságokban a falba szerelt nittekhez, köztesekbe kapcsolja. Lentről a mászópárja ennek a kötélnak a segítségével biztosítja.

Az utak eltérő nehézségűek. Van amelyik technikásabb, több erőt igényel és van ahol az egyensúlyozás kap nagyobb szerepet. A hosszú utak megmászásához koncentráció szükséges, kitartás és az alapvető stratégiák betartása, hogy a lehető legkedvezőbb módon másszuk meg a pályát és a végére is maradjon erőnk.

1.1.3 Utak nehézsége

A mászásban az utak nehézségét különböző osztályozási skálákkal jelölik.[3] Nemzetközileg a sportutaknál a francia számozási rendszer vált elfogadottá (lásd 1.1 ábra), mely az utakat a nehézségük alapján 1-9 között sorolja be, ahol az 1-es a legkönnyebb, a 9-es pedig a legnehezebb, legtechnikásabb utat jelenti. A számokon túl a/b betűvel, illetve + és – jellel egészítik ki a besorolást ezzel is árnyalva az utak közötti különbségeket. A 1. mellékletben megtalálható több ország nehézségi besorolási rendje.

1; 2; 3; 3+; 4-; 4; 4+; 5a; 5b; 5c; 6a; 6a+; 6b; 6b+; 6c; 6c+;
7a; 7a+; 7b; 7b+; 7c; 7c+; 8a; 8a+; 8b; 8b+; 8c; 8c+; 9a; 9a+; 9b

1.1. ábra: Francia számozási rendszer

A pályák szintjét először az út építője határozza meg, majd a mászók visszajelzései alapján véglegesítik a nehézségi besorolást. Német területeken nem csak a nehézséget adják meg, hanem egyéb kategóriákat is megjelenítenek. A pálya jellege szerint lehet erőnléti, technikás vagy egyensúlyozós.

Nehéz konkrétan megmondani egy-egy út tényleges nehézségét, mivel mindenkinek más az erőssége. Van, aki a technikásabb utakat részesíti előnyben, míg mások az erőnléti pályákat kedvelik jobban, így a besorolás erősen szubjektív. Ezenkívül a magasság és a testarány is számít. Egy kisgyerek sok fogást nem ér el és a lépések is magasabban vannak neki, míg egy átlagnál magasabb felnőttnek akár kényelmetlen is lehet néhány pálya.

1.1.4 Felszerelés

A sportmászáshoz és a sziklamászáshoz elengedhetetlen egy speciális cipő, amely jól tapadó gumitalppal rendelkezik a kis repedések, lépések miatt. A gyorsmászáshoz, via ferratához és a nehézségi mászáshoz úgynevezett beülő szükséges, amely a sportoló biztonságáért felel. A sportmászáskor a mászót kötéllal biztosítják. A mászás során elkerülhetetlenek az esések és ezek

biztonságos megfogása rendkívül fontos, melyről a biztosító társ gondoskodik. A biztosító a biztosítóeszközön áthaladó kötél segítségével tudja a mászó leengedésének sebességét szabályozni, illetve mászás során a kötelet adagolni a sportolónak. Via ferratázás esetében a biztosítás csak baleset esetén jut szerephez, mivel a sportnak nem része az esés. Egyszer használatos energiaelnyelő kantár segítségével gátolja meg a felszerelés a mászót a falról való leesésében. A kantár a falra rögzített drótkötélhez van csatolva a mászás során.

1.2 Hasonló megoldások

Mászás támogató megoldások kis számban érhetők el, több kezdetleges állapotban van. A mászás támogató rendszer kidolgozását 2023 novemberében kezdtük el, akkor még AI alapú megoldások nem voltak elérhetők. Egyik ígéretesnek tűnő megoldás a Climalyzer[4] program volt. Jelentkeztünk is béta tesztelőnek, de valószínűleg a projekt elhalt, mert nem kaptunk visszajelzést. Az oldal ígérete szerint főleg boulderereknek nyújtott volna segítséget, mozgásuk követését és analizálását valósította volna meg.

Több alkalmazás is van, amely a mászások követésére és a mászó utak nyilvántartására készült. Egyik a TheCrag[5], a másik a Stökl alkalmazás. A Stökt Climbing[6] alkalmazással naplózni tudjuk mászásainkat és a fejlődésünkről statisztikákat készít. Emellett pedig ez egy közösségi felület is, ahol a mászók megoszthatják problémáikat azokkal a tagokkal, akik ugyanarra a helyre járnak edzeni. Ehhez ki kell választani az edzőtermet a programban és így csatlakozhatunk az adott közösséghez. Az edzőtermek választéka folyamatosan bővül, több mint 500 terem található az alkalmazásban. Az appban követni tudunk új mászókat, ezzel bővítve baráti körünket. Saját mászó listákat készíthetünk, amit megoszthatunk a használókkal. A TheCrag oldal is hasonló céllal készült, ez egy közösségi mászóút és mászás nyilvántartó oldal. Az oldal nagy hagyományokkal rendelkezik, de egyrészt a közösségi finanszírozás miatt kis erőforrással dolgozik, emiatt lassú. Másrészt régebbi fejlesztésű, megjelenésében is a régebbi időket idézi.

AI alapú megoldások kutatásainkkal párhuzamosan jelentek meg. Egyik ilyen program az Ascent AI: Climbing Analysis nevű app. Ez az alkalmazás egy videóelemző eszköz a mászáshoz és a boulderezéshez. A mesterséges intelligencia helyben vizuális elemzést készít a videóról, amit lassított felvételen vissza lehet nézni. Megmutatja a tömegközéppontot, sebességet és a mászás folyamatosságát, emellett pedig javaslatokat tehet a mászófalán való mozgás javítására. A leírások és példák alapján látszik, hogy főként boulderre koncentráltak, bár jelzik, hogy gyorsasági és előlmászásra is használható. Teszteltük az appot az egyik gyorsmászást tartalmazó felvételünkkel, viszont az AI nem tudta kezelni, ha a videón több ember jelent meg. Az 1.2. ábrán látható, hogy a két mászó helyett, a falmestert követi a program, valószínűleg nem kezeli helyesen, ha több személy is szerepel a felvételen.



1.1. ábra: Gyorsmászás felvétele, ahol az Ascent AI: Climbing app a falmester mozgását követte a mászó helyett

A másik, még meg nem jelent alkalmazás, amely prototípus formában látható a Belay AI. A Belay AI még nem elérhető a nagyközönség számára, viszont néhány tesztelést már közzétettek. Céljuk a teljesítmény és a biztonság növelése a sportolás során. A program pontosan nyomon követi a mászó testhelyzetét, súlypontját, megbecsüli a különböző testrészek sebességét és irányát. Valós idejű elemzéseket készít és tanácsokat ad a technika javításához, sérülések megelőzéséhez. Összehasonlítja az egymás utáni mászásokat, ezzel kimutatva a teljesítményjavulást. Az app főleg mászási technikákra specializálódott, hogy a mászókat segítse a gyors fejlődésben. A bemutató videók és anyagok alapján arra következtetünk, hogy ők is a bouldert részesítik előnyben, illetve a céljuk szintén a mobiltelefonos működés, de a demókban még professzionális kamerákat és nagyteljesítményű számítógépeket használnak.

A vizsgált AI alkalmazások funkciói részben hasonlóknak tűnnek, mint amivel mi is kísérletezünk. Egyrészt motivál minket, hogy alaposan megvizsgáljuk ezeket a megoldásokat és hamar adjunk saját megoldást, másrészt megerősít minket, hogy jó irányba kutatunk, mások is hasonló gondolatok mentén indultak el.

1.3 Edzés tervezés

Az edzés tervezés természetes része a profi sportolásnak, de amatőr szinten is egyre nagyobb jelentősége van.[7][9] Egy minőségi edzésterv sokat segíthet sportcéljaink elérésében. Az edzés tervezése nem csak a fejlődést segíti, hanem biztonságosabbá is teszi a mászást, emellett a megtervezett edzéssel csökkenthetjük a túledzés és sérülés kockázatát.

Az előre meghatározott feladatoknak köszönhetően a maximumot hozhatjuk ki magunkból a teremben eltöltött idő alatt. Ezen kívül nem csak a kedvenc gyakorlatainkat ismételgetjük, hanem azokat is, amelyek a gyengeségeink javítását szolgálják.

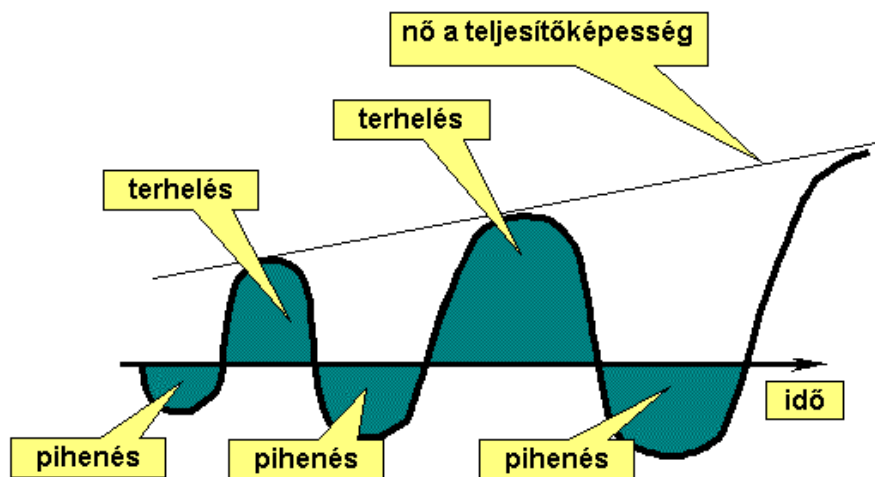
Általánosságban, egy jó edzésterv készítésekor figyelembe kell vennünk mi a sportoló fő célja. Például izmosodás, fogyás, erősödés, vagy egyéb képességek fejlesztése. A feladatok fajtái és mennyisége ehhez igazodik. Ezek mellett figyelembe kell venni, hogy mennyi időt tud ráfordítani a sportoló egy héten a gyakorlatok elvégzésére. Fontos, hogy az edzések között pihenőnapokat is beiktassunk, hogy a testünk regenerálódni tudjon.

A beltéri mászás eredményességét számos tényező együttesen határozza meg, melyek közül fontosságuk miatt az alábbiakat emeljük ki:

- Technikai felkészültség (a mozgás tudatos irányítása). A mozgás koordináció fejlesztése során a cél, hogy a mászó az előtte lévő útszakaszt a lehető legkisebb izomerővel teljesítse, ezáltal energiát takarítva meg a mászás további folytatásához.
- Fizikai állóképesség (kondíció, erőnlét, edzettségi állapot). Az edzések során a mászó fő célja a fizikai teljesítményének a növelése, mely ahhoz is szükséges, hogy egyre nehezebb utakat is meg tudjon mászni.
- Lélekiállapot, mentális felkészültség (motiváció, félelem, akarat). Ezek a tényezők pozitív és negatív irányba is befolyásolni tudják a mászás sikerét attól függően, hogy a biztonság és a bizalom érzése, illetve a bizonytalanság, félelem között a psziché hogyan ingadozik.
- Testi adottságok (kor, súly, testfelépítés, mozgékonyosság). Az aktuális kondicionális állapot felmérése azért fontos, hogy információt szerezzünk a sportoló edzettségi állapotáról, mely meghatározza a terhelhetőségét, illetve azt, hogy milyen gyakorlatokat és milyen intenzitással ajánlatos végeznie. Vizsgálhatjuk a kezdeti (bemeneti) állapotot és a későbbiekben azt is, hogy a kiinduló állapothoz képest milyen mértékű a fejlődés. Ez a sportoló számára motivációs céllal visszajelzésre is alkalmas lehet.

1.3.1 Az edzés alapelvei

Az edzés egy olyan gyakorlási folyamat, mely során az emberi szervezet alkalmazkodik az ismétlődő edzési ingerekhez, ezáltal a fizikai teljesítőképesség növekszik.[8] Az edzési munka megkezdésekor az edzettségi állapot viszonylag gyorsan változik és nő a mászó teljesítőképessége, a későbbiekben ez a kezdeti gyors növekedés lelassul. Így a mászóteljesítmény növekedésének egyik fontos alappillére az edzés folyamatossága (terhelés), illetve az edzési periódusok közötti szünetek (pihenés) váltakozása (lásd 1.3 ábra).



1.2. ábra: A mászóteljesítmény növekedése

Ha az edzést nem megfelelő rendszerességgel végezzük, akkor túl kevés edzési inger éri a szervezetet, így a változás is csak kismértékű lesz. Viszont elegendő időt kell hagyni a pihenésre is, mert ha ez nem történik meg, a szervezet nem tud regenerálódni, így nagyobb lesz a sérülés, meghúzódnás esélye is, valamint a várt teljesítmény növekedése helyett inkább visszaesést tapasztalhatunk.

Az edzés fázisait 3 részre tudjuk tagolni: bemelegítés, főszakasz és levezetés.

Bemelegítés: mint minden sportágban, így a mászás előtt is fontos a bemelegítés, mely során fokozódik az izmok vérkeringése és ezáltal felkészül a szervezet a nagyobb megterhelésre. A bemelegítő szakasz szorosan kell, hogy igazodjon a mászó edzettségi állapotához.

A főszakasz: mozgékonyági edzéssel kezdődjön (ahol cél a váll, csípő, láb rugalmasságának, nyúlékonyságának fokozása), majd ezt követően jöhet az erőedzés (húzódkodás, ujjak, kezek, felsőtest, vállak, lábak edzése), valamint fókuszálhatunk a technika, állóképesség és az erőnlét fejlesztésére is.

Levezetés: célja az, hogy a testet visszaállítsa a nyugalmi helyzetébe, ezzel is elősegítve a regenerációt. Érdemes mobilizációs, lazító gyakorlatokat és nyújtásokat is végezni, amelyek segítenek abban, hogy a következő edzés alkalmával elkerüljük a sérüléseket.

1.4 Kutatási módszereink

A sportmászás edzéstámogatása sok tudományterületet érint, nincs egységes irodalma és módszertana. Edzőket jelenleg a Testnevelési Egyetemen, illetve felnőttképzésben oktatnak, ezekhez közvetlen hozzáférésünk nincsen. Kutatásainkat ezért azzal kezdtük, hogy az általunk is látogatott mászótermekben dolgozó edzőkkel készítettünk interjúkat, illetve kikérdeztünk olyan mászókat is, akik korábban részt vettek versenyre felkészítő edzéseken is. Az ezirányú tudásunkat

megfigyelésekkel is kiegészítettük, a mászótermekben sok személyi edző különböző módszereit tudtuk megfigyelni.

A mászó mozgásának elemzéséhez különböző mesterséges intelligencia (AI) alapú megoldásokat használtunk. Az elemzésekhez saját adatokat rögzítettünk, adatbázist készítettünk. Ezek mérete arra alkalmas, hogy tesztek és mérések végezzünk, de még nem alkalmas arra, hogy önálló neurális háló alapú modelleket tanítsunk. Ezért meglévő, nyílt forráskódú, betanított, publikált modelleket használtunk fel, ezeket egészítettük ki saját magunk által kidolgozott algoritmusokkal.

2 Edzés támogató rendszer

Az edzéstámogató rendszerünk létrehozásának célja, hogy a sportolók könnyebben nyomon követhessék fejlődésüket és a kitűzött céljaik elérésében segítséget nyújtson a program. A mászószint meghatározásával, a mászás analizálásával, statisztikák készítésével egy átfogó képet kaphat a mászó arról, hol tart éppen a kitűzött céljának megvalósításában. Személyre szabott ajánlásokkal és edzéstervvel támogatnánk a sportolókat a fejlődésben, mozgástechnikájuk javításában.

A rendszer használatával a leghatékosabban lehetne beosztani az időt és hatékony edzést tartani. A mászás analizálásával, a kinyert információk alapján különböző kisebb nagyobb szünetek bevezetését is tanácsolhatja a program annak alapján, mennyire gyorsan, hány beleüléssel mászta meg az előtte lévő pályát a sportoló.

A sportoló kiválaszthatja, milyen funkciót lásson el a rendszer. Teljes útmutatást adjon egy-egy edzéshez, meghatározza a pályákat és a sorrendjüket, vagy csak inkább nyilvántartó jelleggel dokumentálja a mászásokat és a fejlődést.

Célunk egy olyan rendszer kialakítása, amely mindhárom sportágat, a boulder és gyorsmászás mellett a nehézségi (elöl-) mászást is támogatja.

2.1 Eszközigény

Egy mászás elemző program több különböző beviteli eszközt használ az adatok megszerzéséhez. Megvizsgáltuk, hogy kutatásunk szempontjából a különböző eszközöknek milyen előnyeik és hátrányaik vannak.

2.1.1 Mobiltelefon

Manapság mindig magunkkal hordjuk a telefont, így ez az eszköz mászásnál is nálunk van. Előnyei közé tartozik, hogy könnyen szállítható, nem kell hozzá sok előkészület és könnyen kezelhető. Viszont a képminőség nem túlságosan jó és sokszor lehet sötétben homályos, vagy egyéb zavaró körülmények miatt pontatlan a felvétel. Mi mégis ezt gondoljuk elsődleges inputnak, mivel a telefont mindenki használja és a programot minél szélesebb körben szeretnénk elterjeszteni, így ez az eszköz a legalkalmasabb erre a célra. A mobiltelefonok gyorsulás szenzorai is kiváló elemző adatforrások lehetnének, de a sportmászás során kényelmetlen és veszélyes a mobiltelefon mászó általi hordozása, ezért ez inkább kerülendő, csak mint kamerás eszköz jöhet szóba.

2.1.2 Egyéb kamerák

Nagyon hasonlítanak a tulajdonságaik a mobiltelefonokéhoz. Sok jó minőségű kamera van, ami alkalmas lenne a mászás rögzítéséhez, viszont ezek a modellek általában elég drágák. További

probléma, hogy a mászótermekben zavaró és balesetveszélyes lehet a használatuk, csak fixen telepített kamerák lennének alkalmasak erre a célra.

2.1.3 Okosóra és okoskarkötők

Az okosórák segítségével plusz információkat is megtudhatunk a mászásunkról. Segítségével tudjuk mérni a pulzust (lásd 2.1 ábra) és a kezek mozgását, vagy akár lábra is tehetőek (ekkor viszont nem méri a pulzust). Hátránya az, hogy általában nehezen importálhatóak az adatok belőle, vagy néhány fejletlenebb fajta eszköz nem rendelkezik a megfelelő szenzorokkal. Ezek az eszközök többnyire zárt rendszerűek, nem érhetőek el hozzájuk nyilvános API-k.



2.1. ábra: A karóra pulzus adatai

2.1.4 Speciális ruhák

Egyes szenzorokkal ellátott ruhákat is lehetne használni az adatgyűjtéshez. Ezzel nagyon pontosan meg lehet határozni, hogy melyik végtagunk merre mozog a mászás során. A probléma viszont ezzel az, hogy intenzív mozgásra a ruhák nem annyira alkalmasak, nem elég rugalmasak és a szenzorok is könnyen megsérülhetnek.

2.1.5 Orvosi szenzorok

Hasznos lenne különböző élettani funkciók monitorozása is, de ezek átlagos edzési körülmények között nem állnak rendelkezésre. Ilyenek lehetnének pl. a vér oxigénszint mérők, különböző pontosságú szív- és izom monitorozó eszközök, vércukorszint mérő stb.

2.2 Az edzések megtervezése

Egy hatékony edzésterv a kezdő mászók számára segíthet abban, hogy könnyedén átlendüljenek a kezdeti nehézségeken és rövid idő alatt sikereket érjenek el a sportágban, ami segít fenntartani az egyén motivációját. Ezen kívül egy edzésterv a haladó sportolók számára segítséget nyújthat a sportcéljaik elérésében.

Az edzésterv tartalmazza az elvégzendő gyakorlatokat, azok mennyiségét és ismétlési számát, az edzés hosszát, így a mászó pontosan tudni fogja, hogy milyen gyakorlatokat végezzen el a mászóteremben. Egy jól kidolgozott edzéstervnek több előnye is van, mint például nem kell azon gondolkodni, hogy milyen gyakorlatokat végezzünk, hanem rögtön neki lehet állni az edzésnek, ezzel maximálisan kihasználva a sportolásra szánt időt.

Az egyén hajlamos arra, hogy csak a kedvenc gyakorlatait (amiben sikerélménye van) végezze el, a kényelmetlen, nehezebb gyakorlatokat pedig próbálja elkerülni. Egy edzésterv abban is tud segíteni, hogy a gyengeségeink javítására is összpontosít, így hosszú távon a mászó fejlődést tud elérni.

Egy hatékony, de emellett minden szempontból biztonságos edzésterv elkészítését egy megfelelő szaktudással rendelkező szakember (pl. sportorvos, képzett mászóedző) tudja elvégezni, akik az alábbi szempontok alapján állítják azt össze:

- a kezdeti állapotfelmérés eredménye
- mi az egyén elvárása, célja
- az edzés gyakorisága
- annak meghatározása, hogy melyek a fejlesztésre szoruló izomcsoportok és azokat milyen gyakorlatokkal lehet erősíteni
- az edzés szétbontása kisebb részekre, a gyakorlatok ismétlésszámának meghatározása

Egy kezdő mászónak elég hetente 2-3 alkalommal másznia, míg a haladónak akár 4-5 edzés is ajánlott. A mászás mellett érdemes kiegészítő, saját testsúlyos edzéseket is elvégezni, hogy erősebbek legyünk.

A szakemberek helyettesítése gépi intelligenciával várhatóan megoldható lesz, mivel a mászásból kinyert információk alapján, olyan edzéstervet tud készíteni a program, amely megközelítheti a szakemberek ajánlásait. A rendszer, amennyiben az elvégzett munka pontosan követve van, képes lehet az edzésterv kontrolálására és új edzésfeladatok kiadására. Ehhez feltétel, hogy a mászó minden olyan fizikai aktivitása, amely érinti az edzés menetét, monitorozva legyen, pl. az összes mászása elemezve legyen.

A rendszer az edzés három fázisában is segítséget nyújthat.

Bemelegítés: Különböző gyakorlatok ajánlásával segíti a mászót a program, a test izmainak átmozgatása érdekében.

Fő szakasz: Amennyiben a rendszer ismeri egy adott hely útjainak tulajdonságait, az edzés konkrét mászóút szintű megtervezését is megcsinálhatja. A rendszer ehhez mérten, tanácsol pályákat, amelyek nehézsége és típusa beilleszthető az edzésünkbe.

Levezetés: Ehhez is különböző levezető és nyújtó gyakorlatok, vagy gyakorlatsorok lehetnének elérhetőek, képi illusztrációval a programban.

2.3 Mozgás javítás

A mászás során sok kisebb és nagyobb hibákat ejtünk, amelyek különbözőképpen hathatnak a mászásunkra. Esetleg emiatt nem tudunk egy pályát teljesíteni vagy a kelletténél jobban elfáradunk, ami növeli a beleesés és a sérülés kockázatát. A program rávilágít az esetleges problémákra, amit mászás közben elkövethetünk. A kezdők gyakran típushibákat vétnek, amelyek elkerülhetőek a rendszer segítségével. Az analízis során rájöhetünk arra, miért mászunk rosszul és hogyan tudnánk hatékonyabban teljesíteni az utakat.

Egyik gyakori hiba, mikor a mászók az akasztás során nem nyújtott karal kapaszkodnak, hanem behúzzák azt, ami miatt jobban fárad a kezük. A másik ilyen, mikor a csípőjüket távol tartják a faltól. Ezzel a súlypontjuk nem a lábuk vonalába esik, hanem sokkal kijebb, így a karnak többet kell tartania. Ezek elkerülésében segíthet a rendszer.

2.4 Fejlődés követése

A mászó fejlődésének követését több különböző szempontból vizsgálhatjuk. A szintet a pályák nehézségének átlagából tudjuk meghatározni. Ezen kívül tanulmányozhatjuk egy-egy út megmászásának idejét és azt, hányszor állunk meg benne pihenni. Minél kevesebb idő alatt és beleüléssel teljesítjük a pályát, annál jobban fejlődünk. Rendszeres edzésekkel erősödhetünk és egymás után egyre több utat tudunk megmászni. Ugyanazon a pályán a mászások idejét és a pihenők számát összevetve információkat szerezhetünk arról, milyen szinten állunk. Fontos figyelembe venni, hogy ezek az értékek javulhatnak vagy romolhatnak különböző behatások miatt. Például, hogy épp milyen lelkiállapotban vagyunk, mennyi stressz ért minket, mennyit aludtunk, vagy hogy esetleg a közelmúltban betegek voltunk-e.

Fejlettebb mérőszámokat is használhatunk, biomechanikai ismereteket felhasználva követhetjük az izmok és ízületek terhelését, bizonyos mozdulatok kivitelezését javíthatjuk, elemezhetjük. Az elemzés és edzésterv alapján megállapíthatjuk, hogy sikerült-e az új technikát elsajátítani, jól kivitelezni. Ezek a megoldások már inkább profi versenyzők esetén válhatnak lényegessé.

2.5 Interakciós szint

Egy edzéstámogató rendszer különböző mértékben tud a felhasználóval interakcióba lépni. Lehet aktív vagy passzív. Ezt a mászó az igényeihez igazíthatja aszerint, hogy milyen funkciót szeretne, hogy ellásson a rendszer. Passzív, mikor a mászó csak dokumentálja az eredményeit és a fejlődését. Félig aktív, mikor már helyben analizálja a mászást, ajánlásokat tesz és a teljesítmény

függvényében visszajelzéseket ad. Az aktív rendszer pedig teljes útmutatás adna egy edzéshez. Megmondja, milyen nehézségű utakat mássz meg a fejlődéshez, személyi asszisztensként funkcionál.

A mászó személyes tapasztalataival, szubjektív véleményével bővített mászás analízisével, a program még pontosabb tervet készíthet az edzéshez.

Mászótermi környezetben azért, hogy a fogásokon jól tapadjon a kéz, a mászó rendszeresen magnézia (magnézium-oxid) port használ tenyerének csúszásmentesítésére. Emiatt a telefon kezelése kényelmetlen, a készüléket is hosszú távon károsíthatja. Ezért érdemes az érintőképernyős interakciók helyett, vagy mellett egy ilyen támogató rendszert beszédfunkciókkal is ellátni, ami beszédfelismerő segítségével utasításokat fogad. Szintén hasznos funkció a mászás végén a statisztikai adatok és a mászási tanácsok gépi beszédfunkcióval történő felolvasása. A szövegek megfogalmazására a nagy nyelvi modellek, pl. ChatGPT használható.

2.6 Vészjelzés

A falmászás során a legfontosabb szempont a biztonság, amit semmilyen körülmény között nem szabad figyelmen kívül hagyni. A mászás megkezdése előtt, valamint a mászás során több olyan kritikus ellenőrzési pont is van, amelyekre fokozottan érdemes odafigyelni. A program egyik lényeges feladata, hogy ezekre a fontos pontokra felhívja a figyelmet. Baumann Viola cikkében[10] és kezelői személyzet oktatási anyagában[11] számos baleset szerepel, amelyek egy jelentős része egy aktív monitorozó megoldással megelőzhető lett volna.

Ellenőrzési pontok:

- A mászó és az őt biztosító személy beülője, valamint a biztosító kötel megfelelően van-e megkötve, befűzve, a kötel nincs-e megtekeredve. Ezt mindkét félnek, minden mászás előtt, kölcsönösen ellenőriznie kell (dupla ellenőrzés).
- A biztosító embernek végig figyelnie kell a partnerére mászás közben, hogy bármilyen, hirtelen adódó helyzetben gyorsan és megfelelően tudjon reagálni.
- A mászás során mindkét fél részéről nagyon fontos az egyértelmű, rövid és határozott kommunikáció.
- A biztosítást végző ember optimális távolságra álljon a faltól. A kötelet mindig fognia kell, nem engedheti el, akkor sem, ha esetleges súlykülönbség miatt a mászó felrántja a partnerét. Figyelnie kell arra is, hogy a biztosító kötelet a mászás során megfelelő ütemben adagolja, vagy ha szükséges, akkor behúzza.
- Elölmászásnál
- veszélyes lehet, ha a mászó túlmássza az akasztási pontot, vagy kihagyja az úton előtte lévő valamelyik akasztást, illetve, ha nem jó irányból akaszt.

Az ellenőrzések elmulasztása figyelmetlenség, gyakorlatlanság, túlzott önbizalom miatt komoly baleseteket okozhatnak. Emellett biztosítói hiba, vagy rosszul kötött csomó esetében halálos is lehet a baleset.

2.7 Valós idejű visszajelzés

Valós idejű elemzés nem csak az előző fejezetben tárgyalt vészhelyzetek esetében lehet hasznos, hanem a mászási hibák korrigálásánál is. A rossz mozdulatokat akkor a legkönnyebb kijavítani, ha azonnali visszajelzést kap a mászó. A mozdulatok javítása mellett a különböző erőnléti és energiatakarékossági tanácsok is hasznosak tudnak lenni.

Valós idejű visszajelzés megfelelő működése esetén akár a személyes edzőt is tud egy ilyen megoldás helyettesíteni vagy kiegészíteni.

2.8 Oktatás

A program, támogatná a mászáshoz kapcsolódó tanulási folyamatokat a mászótermeken kívül is. Felkészülésként különböző videók és képi anyagok segítségével, a sportoló elsajátíthatja a mászás elméleti anyagát.[11]

A mászás előtti előkészületekhez tartozik a felszerelés helyes felvétele. A beülők és karabinerek becsatolásának helyét jól látható ábrákkal lehet szemléltetni.

Mászás során, több különböző biztosító csomót is használunk, amik más-más feladatot látnak el. A beülőre a biztosító kötelet nyolcas csomóval rögzítjük, aminek megkötésének lépéseit könnyen érthető pontokba szedve, képi ábrázolással tanulhatja meg a mászó, ahogy később a mászás végén a kötél összeszedését és megkötését is.

A felszerelés felvétele és a biztosító csomó vagy karabiner beakasztása után fontos leellenőriznünk, hogy mindent helyesen csináltunk. Ez a partnerellenőrzés elengedhetetlen, mivel az esetleges hibákat, amelyek súlyos sérülésekhez vezethetnek, ekkor vehetjük észre és javíthatjuk ki. Ilyenkor meg kell néznünk, hogy a partnerünk helyesen vette-e fel a beülőt, jól csatolta-e be a karabinert vagy kötötte meg a csomót. Ezeket szintén egy ellenőrzőlistában végigveheti a sportoló, hogy semmi se maradjon ki.

A biztosítást és leengedést, a helyes ereszkedést különböző magyarázó videókból sajátíthatja el a mászó. Az előlmászáshoz szükséges akasztásokat folyamatábrák magyaráznák el.

Ezen kívül különböző praktikus tanácsokat, fontos alapszabályokat tartalmazna a program, ami segít energiahatékonyabban teljesíteni az utakat.[12]

A gyakorlati feladatokon túl a mentális felkészülésnek is fontos szerepe van. A mászás jelentette kihívásokra, a félelem leküzdésére különböző technikák vannak[13], amelyek szintén hasznos kiegészítői lehetnek egy edzés támogató rendszernek.

3 Megvalósított rendszer

Az előző fejezetben egy teljes edzéstámogató rendszert mutattunk be, amely több olyan komponenst is tartalmaz, amelyet jelenlegi erőforrásainkkal nem vagyunk képesek megvalósítani, sok fős csapat tudná csak megcsinálni. A teljes kutatás és fejlesztési folyamat helyett, olyan komponensek vizsgálatára koncentrálnak, amely a teljes megvalósításhoz megfelelő alapokat ad és mások kevésbé, vagy egyáltalán nem vizsgálták. A vizsgálatainkhoz szükség volt adatokra, amelyeket 2024 elején kezdtük el gyűjteni. A begyűjtött adatokon elemzéseket végeztünk és kidolgoztunk eljárásokat, algoritmusokat, amelyek segítségével a mászás objektíven, gépi úton értékelhető.

3.1 Adatbázis összeállítása

A mászáselemzéshez különböző adatok, felvételek kellenek. Mivel itt hosszabb mozgássorozatot analizálunk, ezért videófelvételek, illetve folyamatos szenzoradatok jöhetnek szóba. Az ilyen felvételek érzékeny személyes adatokat tartalmaznak (arc, pulzus), ezért kevés nyilvános adatbázis van, olyat, amelyik párhuzamosan tartalmazza a mászásokat és az ahhoz kapcsolódó egyéb szenzorinformációkat, nem találtunk. További szempont volt, hogy ugyanazon az úton több szempont szerint is rendelkezésre álljon felvétel. Ezek alapján úgy láttuk, hogy saját felvételek készítése a legcélszerűbb, így a felvételeket korlátlanul fel tudtuk használni, ha szükséges volt, újra rögzíteni.

Mivel célunk, hogy mindenki számára könnyen elérhető eszközökkel követhető legyen az edzémunkája, ezért mi is ilyen eszközökkel készítettük a felvételeket. Az adatrögzítéshez tesztelt és használt eszközök:

- 5 különböző mobiltelefon
- 2 különböző pulzusmérő óra

Az elkészült felvételek főbb adatai a 3.1 ábrán láthatók. A mobiltelefonok közül az egyik nem nyújtott megfelelő videóminőséget, az egyik pulzusmérő óra pedig annyira zárt rendszerben tárolja az információkat, hogy nem tudtuk belőle az adatokat kiexportálni. Végül a felhasznált eszközök pontos tulajdonságai a mellékletben megtalálhatók.

Elkészített videók száma	41
Rögzített mászások száma	48
Rögzített videó hossza	7 óra 46 perc
Pulzusmérővel rögzített időszakok hossza	2 óra 13 perc

3.1. ábra: Az adatbázis főbb statisztikai adatai

3.2 AI alapú megoldások

Az AI alapú megoldások használatával és az ahhoz kapcsolódó algoritmusokkal rugalmas felismerést és elemzést tudunk csinálni. Mivel a vizsgált környezet nagyon változó, ezért a feldolgozásnak is rugalmasnak kell lennie.

A legfontosabb megoldások, amelyekhez AI megoldásokat használtunk:

- A mászó felismerése és követése
- A mászófalán a fogások azonosítása
- A mászáshoz kapcsolódó tanácsok megfogalmazása

Ezek az AI megoldások gépi tanuláson alapulnak, többnyire mély neurális hálót tartalmaznak. Az igazán hatékony megoldásokhoz nagyságrendekkel több adatot használtak, mint ami nekünk rendelkezésre áll. Így nekünk ezek alkalmazására van csak elegendő erőforrásunk, kutatásaink ezért a tanítás helyett csak ezek vizsgálatára korlátozódik.

A modellek kiválasztásnál figyeltünk arra, hogy olyan megoldásokat használjunk, amely későbbi céljainkkal összhangban áll, áthangolható legyen mobiltelefonos környezetre vagy rendelkezésre álljon online API hozzá (pl. ChatGPT). Fontos szempont volt továbbá, hogy megfelelően dokumentált legyen, illetve GPU (grafikus feldolgozó egység) támogatása is legyen, mert sok órányi videófelvétel gyors feldolgozására volt szükség.

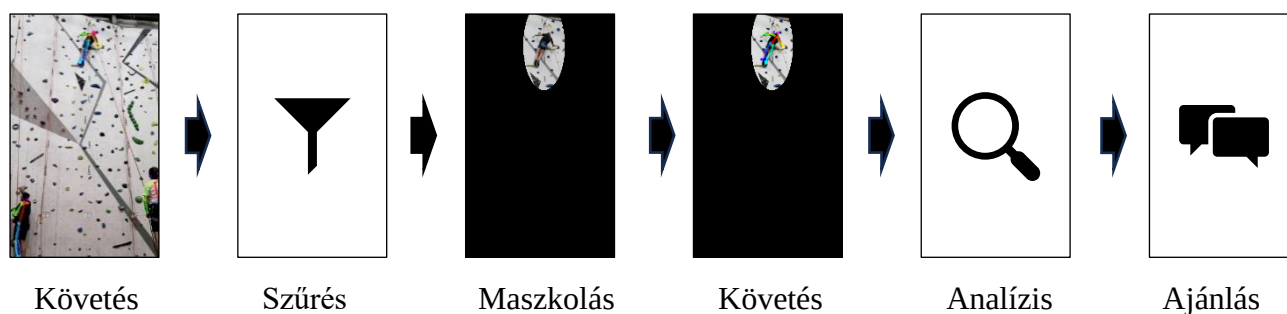
A következő fejezetekben bemutatjuk, hogy az egyes problémakörökre milyen modelleket vizsgáltunk meg és azokhoz milyen kiegészítő algoritmusokat illesztettünk.

3.3 Mozgás követése

A mozgás követése széles körben elterjedt, nem mászásspecifikus, számos területen használják az emberek helyzetének vagy mozgásának meghatározására. Olyan modelleket kerestünk, amelyek kompatibilisek egymással és a széles körben elterjedt 25 pontos csontváz leírással. Ábra a csontvázzal a 2. mellékletben található.

Három modellt, keretrendszert vizsgáltunk meg: OpenPose[15], AlphasPose[16], OpenCV[17]. A vizsgált keretrendszerek közül végül az OpenPose megoldásra esett a választásunk. Cheng Yang[14] vizsgálata alapján többemeres környezetben az OpenPose hatékonyabb, pontosabb felismerést tud és gyorsabban is lefut. Mivel nehézségi mászás esetén szinte biztosan több ember látható a felvételeken, ezért ez számunkra fontos szempont volt. Az OpenCV-t is felhasználtuk végül általános kép és videófeldolgozási és transzformálási célokra.

Az OpenPose megoldást GPU-ra tudtuk lefordítani, így egy pár perces videó feldolgozása több órától néhány percre csökkent.



3.2. ábra: Feldolgozás főbb lépései

A feldolgozás főbb lépéseit a 3.2. ábra mutatja, melyek az alábbiak:

1. Többemeres követés: A felvétel többemeres felismertetése OpenPose segítségével. Az OpenPose futtatása után minden képkockára megkapjuk minden azonosított ember 25 pontos koordinátáit.
2. Mászó kiszűrése: A felvételen szereplő emberek közül beazonosítjuk a mászó embert. Lásd részletesen a 3.4.2 fejezetben.
3. Maszkolás: Az előző pontban durva becslést már kapunk a mászó mozgására, de az a mozgáskövetés pontosabb, ha csak egy ember szerepel a képen. Ezért a videón kimaszkoljuk a nem releváns környezetet és a mászón kívüli embereket. A maszkolást a 3.4.3. fejezetben mutatjuk be.
4. Egyemeres követés: OpenPose segítségével egy második felismertetést futtattunk, egy 1 emberes „pose tracking” módban, amely pontosabb adatokat ad vissza a teljes testre, mint a többemeres mód.
5. Mászás analizálása: A mászó mozgásából és a mászófal adataiból következtetéseket vonunk le. Részletesen lásd 3.6. fejezetben.
6. Ajánlás, értékelés: Az edzésterv és a mászás alapján ajánlásokat és értékeléseket fogalmazunk meg. Az ajánlásra a 3.8. fejezetben mutatunk példát.

A mozgáskövetés alatt tehát azt értjük, amikor a felismert emberre egy 25 pontos csontvázát szerkeszt a modell. Ezek a modellek általában statikus képeken dolgoznak, a videókat felbontják képkockákra és minden képkockán lefuttatják a felismerést. Ezek kevésbé pontosak, nem veszik figyelembe, hogy az előző képkockán hol szerepelt ugyanaz az ember, vagy hogyan tartotta a kezét, cserébe sok embert képesek azonosítani, még akkor is, ha részben kilógnak a képről vagy takarásban vannak. Másik mód a „pose tracking”, amikor a videó képsorozatot használ, így a felismerésnél az előzményeket is felhasználja. Ez a mód azonban korlátozott, OpenPose esetében maximum egy ember pontos követését teszi lehetővé.

A mozgás detektálás bonyolult, soktényezős feladat, az algoritmusokat több tényező tudja hátráltatni, ami miatt a mozgás lekövetése kevésbé lesz pontos és folytonos. A legfontosabb tényezőket

vizsgáltuk meg, hogy megállapítsuk, hogy pl. milyen minimális feltételnek kell megfelelnie a kamerának. A következő alfejezetekben ezeket a tényezőket és a felismerésre gyakorolt hatását mutatjuk be.

3.3.1 Kamera minőség

A kamera minősége döntő szerepet játszik a felismerés pontosságában. Ha a kamera rossz minőségű, az hátráltathatja a felismerést. A programunkat tipikusan mondható 1920x1080p 30fps-en használtuk, de tud más felbontásokat és képkocka számot is kezelni. A 30fps elegendő ahhoz, hogy egy jó analízist csináljon a program.

A minimális másodpercenkénti képkockaszámot a sportoló mozgása szabja meg. A mászás során leggyorsabb mozgás tipikusan eséseknél és gyorsmászó utaknál mérhető.

Eséseknél az irodalom alapvetően az ún. eséstényezőt elemzi, mivel biztonsági szempontból ez a legfontosabb[18]. Ez határozza meg a kötélre és biztosító eszközökre ható erőket, illetve a mászóra ható gyorsulást. Az eséstényező az, ami megadja a lassulás hosszát és a fékezésben résztvevő aktív kötélhosszt. Ezt lágy esés esetén (célszerű ezt megcélozni) 1-es érték alatt van. Mászótermi környezetben a köztesek (ahova rögzíteni kell a kötelet) sűrűn vannak, nagyjából méterenként. Ilyen esetben, ha éppen a következő köztes akasztása előtt esik a mászó, akkor kb. 2m-t szabadon esik, után kezd a kötélt lassítani. Ez az esés 0.63mp-ig tart, ez alatt a mászó, 6,3m/s-ra gyorsul fel. 30 fps sebesség esetén képkockánként 21cm-et tesz meg, ami egy 10m-es út és 1920 pixeles kép esetén átlagosan 40 pixelt jelent. Ez még követhető mozgási sebesség az algoritmusok számára.

Gyorsmászás esetében a jelenlegi világrekord 4,75mp egy 15m-es úton, ami átlagosan 3.16m/s mozgást jelent. A kezek lábak mozgása ennél gyorsabb, ezért itt is nagyságrendileg hasonló maximális sebességű mozgást kell követni.

Az alacsonyabb képkocka szám gyorsítja a feldolgozás folyamatát, a 10fps még elég jó lehet egy alapelemzéshez, de a pontossága gyors mozgásnál csökkenhet. Vizsgálataink alapján 10fps-nél hasonló pontosságot értek el az algoritmusaink. Nagyobb sebességű 60-120fps-nél folytonosabb lesz a videó, de feltehetőleg profikon kívül átlag mászók számára ez a képkocka szám nem feltétlen szükséges. Ezt felvétel hiányában nem tudtuk megvizsgálni.

A kamera minősége is jelentősen befolyásolja a követés pontosságát. A videók elkészítéséhez elsősorban az előlapi kamerát használtuk. A hátlapi kamera minősége általában jobb, de nehezebb használni és egy jobb minőségű telefonon az előlapi kamera minősége is megfelelő a programhoz. Néhány esetben lehet olyan probléma az előlapi kamerával, hogy sötétebb, mint a hátlapi, vagy csak közelre fókuszál, ez szinte minden telefonon változó, ezt a felhasználónak kell kitapasztalni. Általánosságban azt tapasztaltuk, hogy érdemes befektetni egy kompakt kis állványba. Mászótermi környezetben a profibb nagyméretű, háromlábú kameraállványok zavaróak, általában nem is

megengedettek, sok helyet foglalnak, biztonsági kockázatot jelentenek (akadályozza a biztosító ember szabad mozgását).

Kísérletképpen összehasonlítottuk a különböző 3 telefon videóját és hogy azt hogyan kezeli a program. Elhelyeztük a 3 telefont a mászófallal szemben, majd mind a hárommal felvettük a mászó mászását (lásd 3.3-as és 3.4-es ábrák). Utána összehasonlítottuk a három videó képét majd ebből levontuk az eredményt. Az elsőnél túl kicsi volt a nagyítás, így ott a mászót nem ismerte fel. A másodiknál nem volt elég kontraszt, emiatt ott többször ugrált a csontváz. A legmegfelelőbb a harmadik kép volt. Az ideális kamera kép nincs túl távol a faltól, elég kontrasztos és nem túl sötét. A kamerák részletes műszaki adatai a 3.mellékletben találhatók.



3.3. ábra: 3 telefonos kísérlet kamerakép



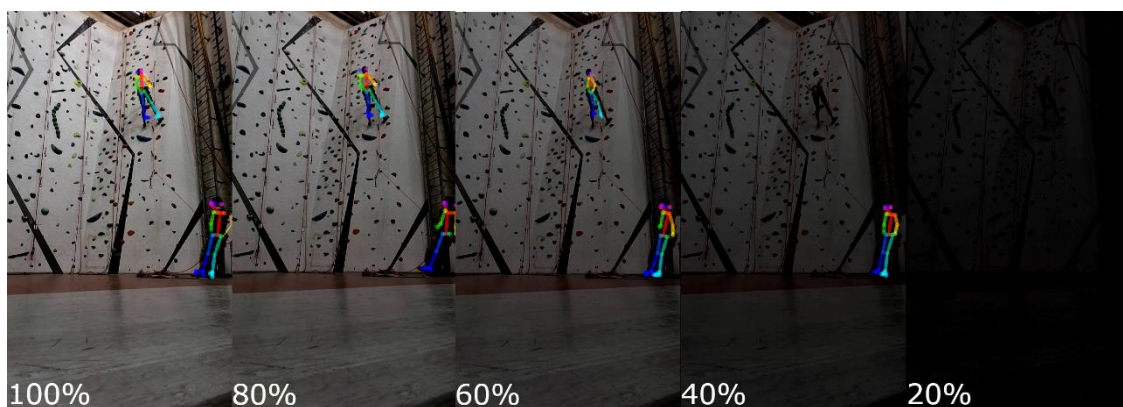
3.4. ábra: 3 telefonos kísérlet telefonok

A **felvétel élességére** is készítettünk egy kísérletet. Az egyik felvételt 2 lépésben egy videószerkesztő program segítségével módosítottuk. Az eredeti videófelvétel elemzése során a követés a 1935 képkockából 5-öt nem ismert fel helyesen. A második videó, amely homályosításon (blur, iteration=0.5) esett át, már 24 képkockát nem ismert fel. Az emberkövetés nagyon robosztus, kis mértékű homályosítás nem befolyásolta jelentősen a feldolgozást. Még erősebb homályosítás (blur, iteration=1.0) esetén már jelentősen romlott a minőség, ott 487 képkockán nem tudta követni a mászót.

A fogások felismerése sokkal érzékenyebb a rosszabb élességre, kisebb homályosítás esetén is már a fogások felét nem tudta a rendszer felismerni, valószínűleg éles képek szerepeltek csak a tanító adatbázisban, erre érzékeny az a modell.

3.3.2 Fényviszonyok

Fontos tényező a környezeti megvilágítás. Sötétben, félhomályban, rossz fényviszonyok között, vagy amikor valami fénylik, sokszor fontos részletek nehezen, vagy kivehetetlenül rosszul látszódnak, így a felismerés nem lesz elég pontos. A legtöbb fal fehér színű, olyan, mint ahol mi is a felvételeket rögzítettünk. Egy sötét falon kevésbé tűnnek ki a fogások és a mozgások, így ez nagyban rontja a pontosságot. Az alábbi teszt képen 20 százalékonként csökkentettük a fényerőt és vizsgáltuk a felismerést. Amint a 3.5 ábrán is látható, 80%-os fényerőt még tolerált a rendszer, 60%-nál már a mászó kezeit nem ismerte fel, 40%-os fényerő esetén pedig a mászót sem azonosította a falon.



3.5. ábra: Rossz fényviszonyok

A fényerő általában környezeti adottság, de bizonyos telefonoknál a képkockaszám vagy másik kamera (normál kamera a nagylátószögű helyett) használatával javítható a videó világossága. Ez felhasználói tudatosságot kíván.

3.3.3 Felvételi pozíciója

Kísérleteket végeztünk, arra, hogy fix vagy mozgó kamera felvétele alkalmas-e jobban az elemzésre.

	Előnyök	Hátrányok
Fix kamera	Statikus mászóúthoz illeszthető Egyszerűbb algoritmusokkal elemezhető	Távoli mászó túl kicsi lesz, pontatlanabb felismerés Általában sok ember van a képen
Mozgó kamera	Kevesebb zavaró tényező, zoomolható csak a mászóra Pontosabb kéz és lábkövetést tesz lehetővé	Plusz ember szükséges hozzá Bonyolult algoritmusok Jelentősen nagyobb erőforrások a feldolgozáshoz Remeghet a kép, sok múlik az operátor képességein

1. táblázat: Felvétel pozíciójának előnyei és hátrányai

Az 1. táblázatban összefoglaltuk az előnyöket, hátrányokat. A mászóteremben a 3. ember szükségessége jelenti a legnagyobb problémát, a feldolgozásnál pedig a jelentősen összetettebb algoritmusok. Ezért úgy döntöttünk, hogy fix kameraelrendezéssel végezzük el a kísérleteinket.

Megvizsgáltuk továbbá, hogy mennyire befolyásolja a kamera mászóhoz képesti pozíciója az algoritmusokat. 3 konfigurációt vizsgáltunk. A mászó mögött a fallal szemben közel és távol, illetve a mászótól oldalra közelebb a fal síkjához. A kísérleteink alapján a legoptimálisabb fix kamera szög a fallal szemben, lehetőleg minél magasabbról és viszonylag távolról. Ezt legtöbbször nem lehet teljesíteni, de ha erre törekszünk, a felismerés pontosabb lesz. A legfontosabb a pozíció kiválasztásánál, hogy a mászó saját testével a legkevésbé takarja ki kezeit és lábait.

3.3.4 Ruházat hatása

Azt figyeltük meg a kísérleteink során, hogy a ruhának a színe, amit hordunk mászás közben befolyásolhatja-e a felismerést. Például egy, a falhoz hasonló színű ruha könnyen zavarhatja a program algoritmusát. Háttérbe beolvadó ruhaszín esetében gyakrabban ad hibás koordinátákat. Vizsgálatunk során, azonos utat megmásztunk kétszer, először egy fekete pólóban, másodszer pedig egy fehérben. A várakozásainknak megfelelően a fekete pólós mászáskor sokkal pontosabban meg tudta állapítani a mászó koordinátáit, míg a fehér falon jobban azonosítható volt a mászó. A mászást követő feldolgozási lépések 2. pontjának algoritmusai jól mutatja, hogy az OpenPose hány képkocka esetén ugrott a megengedettnél nagyobb. A kísérlet eredménye az 2. táblázatban látható.

Ruházat színe	Elemezett felvétel hossza [képkocka]	Eldobott képkocka [db]	Hibás képkockák aránya [%]
Fekete	8269	470	5,7
Fehér	8723	5997	68,7

2. táblázat: Ruházat hatása a felismerés pontosságára

3.4 Adatok feldolgozása

A videók feldolgozásának lépései a 3.3 fejezetben már bemutatott lépésekben történik. A következő alfejezetekben ezeket mutatjuk be részletesen:

3.4.1 Emberek azonosítása

Az adatelemzéshez az OpenPose rendszert használjuk. Ennek a rendszernek 3 szintű elemző funkciója is van, fel tud ismerni arcvonásokat, kézmozgást, és egész alakokat. Ezek közül a feladathoz csak az egész testes felismerést használjuk, a többi a kamera felbontás miatt nem is működne, illetve az elemzéshez nincs szükségünk rá.

A követés lényege, hogy egy neurális háló alapú modell rászerkeszt egy 25 pontú csontvázat az emberekre. Több ember felismerés mellett lehet egy ember követését is kérni, de ez csak akkor hatékony, ha nincs a videófelvételen további ember. Ez nehézségi mászás esetén nagyon ritkán fordul elő.

Az OpenPose könyvtárat egy Ubuntu docker konténerre fordítottuk le, NVIDIA GPU támogatással. A GPU-t és a virtuális gépet a BME-TMIT tanszéke biztosította nekünk. Az Ubuntu docker konténer legfontosabb paraméterei: NVIDIA RTX A6000 GPU, 128Gbyte memória, Intel(R) Xeon(R) W-2133 CPU @ 3.60GHz, Ubuntu.

A felismertetést úgy paraméterezzük, hogy két kimenet álljon rendelkezésre. Egyrészt készít egy videó fájlt, amelyen láthatók a felismert emberek csontvázai. A 3.6. ábrán látható egy képkocka az elkészített videóból. Ezt a videót hibakeresésre és ellenőrzésre tudjuk használni. A további feldolgozáshoz a másik kimenetet használjuk, amely képkockánként készít egy json fájlt, amely tartalmazza az összes adott képkockán felismert ember 25 koordinátáját. Ezt a könnyebb kezelhetőség érdekében egy zip fájlba automatikusan betömörítettük.

A felismertetés sebessége GPU-n közel valós időben fut, kb. 28 képkockát dolgoz fel másodpercenként.



3.6. ábra: OpenPose által felismert koordináták alapján rajzolt csontvázak

3.4.2 Mászó azonosítása

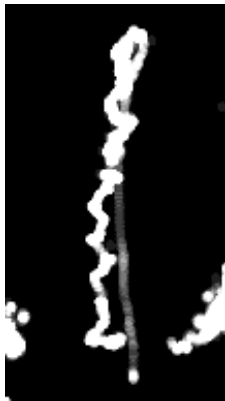
Több ember ottlétekor a rendszer nem tudja eldönteni, hogy kit kell elemeznie, így általában ugrál az emberek között, az OpenPose véletlenszerűen látja el azonosítókkal az embereket. A célunk, hogy a felvételek elemzése automatikusan történjen, emberi beavatkozás nélkül is azonosítható legyen a mászó. Ezt most már egy automatikus maszkolással javítjuk, így csak egy embert követ és ezzel lehetőségünk van arra, hogy a videót tracking móddal elemezzük újra, ami ettől pontosabb lesz. Ez lényeges különbség az általunk vizsgált hasonló megoldásokhoz képest, mivel a legtöbb mászás asszisztens program azt feltételezi, hogy csak egy ember van a képen. Ez boulderen kivitelezhető, de nehézségi mászásnál, amikor a fal 7 métertől akár 17 méter is lehet, szinte biztos, hogy egy másik ember bele fog lógni a képbe (lásd 3.7. ábra). Elöl mászásnál pedig a biztosító közel áll a falhoz, így ott a felvételen garantált a minimum 2 ember.



3.7. ábra: Egyszerre több ember a nyers videón

A mászó azonosításához első lépésben a videóból egy hőterképet készítünk. A térkép készítéséhez az emberek csípő koordinátáját használjuk fel. Egyrészt ennek mozgása a legegyenletesebb, másrészt ennek a felismerése stabilabb, mint például a kéz és lábak esetében. Az előző lépésben előállított zip fájlba tömörített json adatsort egy Google Colab-ban python nyelven írt elemző programmal dolgozzuk fel. A csípő koordinátákat egy, a videó képarányával megegyező arányú fekete képre rajzoljuk, egy 5 pixel átmérőjű halvány fehér kör formájában. A kép felbontása tizede az eredeti videónak, így gyorsabbak az algoritmusok. Egy ilyen hőterkép látható az 3.8. ábrán.

A hőterképen utána egy Hough transzformációs algoritmussal vonalakat keresünk. A vonalak koordinátájából megállapítjuk, hogy melyek a függőlegesek jellegűek és melyek nem. A döntéshez 45 fokos határt határoztunk meg. A 3.9. ábrán láthatóak a detektált vonalak, a függőlegesek a kékek és a vízszintesek a zöldek. A nehézségi mászásnál az utak a legtöbb esetben függőlegesek, vagy ahhoz közelítenek, így ez megfelelő kiindulás az algoritmushoz.



3.8. ábra: Hőterkép az emberek mozgásáról



3.9. ábra: Detektált vonalak

Ezután a videó felvétel közepén – ahol legnagyobb valószínűséggel mászik a mászó - megkeresi azt az embert, amely csípő koordinátája a detektált vonalak területén található. Innen kiindulva egy követő algoritmussal leköveti a mászó mozgását előre és hátrafelé. Az így kinyert koordináták még zajosak, ugrálnak, ezért egy 1 mp-es (30 képkockás) átlagolást végzünk a koordináta sorozaton.

3.4.3 Videó maszkolása

Az előző lépésben előállított koordináta sorozat a mászót mutatja, de pontossága még javítható az OpenPose tracking módjával. Ehhez egy új videó fájlt állít elő a programunk, amely a koordinátákhoz rendelt, a mászó méreténél nagyobb ellipszissel lemaszkolja az eredeti videót. Ez látható a 3.10. ábrán.



3.10. ábra: A maszkolás előtt 3 ember, maszkolás után csak a mászó látható

3.4.4 Mászó pontos követése

A maszkolt videón újra lefuttatjuk az OpenPose felismerést, de most már „pose tracking” módban, amely egy ember pontos követésére alkalmas. A felismerés pontossága nő, kísérletként újra lefuttattuk a második lépésben használt algoritmusunkon. Itt azt tapasztaltuk, hogy az algoritmusunk számszerűleg csak kis javulást mutatott, 48-ról 40-re csökkent a hibás képkockák száma. A videót megnézve azt láttuk, hogy az emberalakot folyamatosan felismerte mindkét esetben, de a javított esetben stabilabb volt a felismerés. Az első esetben tipikus hiba volt, hogy nem tudta eldönteni az algoritmus, hogy előlről vagy hátulról látja a mászót. Az egy emberes követésnél, mivel figyelembe tudta venni az előző képkockák eredményét, ilyen forgatások nem voltak jellemzőek. A 3.11. ábrán egy tipikus esetet látunk, amikor az algoritmusunk még nem jelez hibát, mert a mászót jó helyen azonosította, de a kezek és lábak nem megfelelően lettek felismerve.



3.11. ábra: Téves felismerés, nem látható a jobb kéz és jobb láb.

3.5 Mászófal elemzése

A mászófalról legtöbb esetben nincs dokumentáció, így itt is az automatikus felismertetés jöhet szóba. A képek szegmentálására számos modell áll rendelkezésre, mászófal fogások esetében korlátozottabbak a lehetőségek. Mi egy olyat választottunk, amely továbbtanítható, így a későbbiekben a terem fogáskészletét figyelembevéve javítható a pontosság.

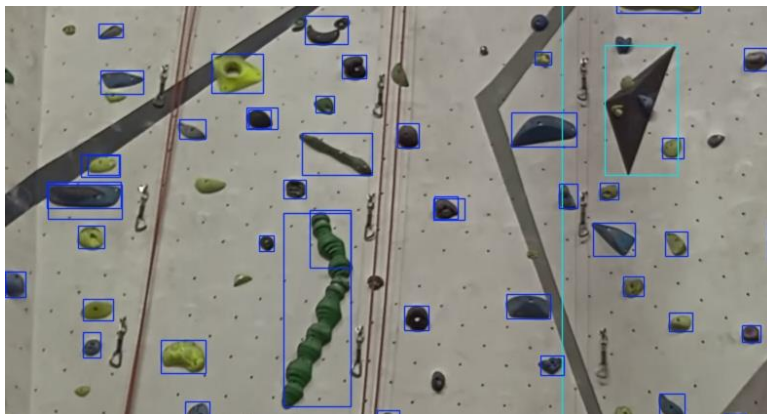
A Climbing Crux[19] modell egy YOLOv9-es alapmodellen alapul, amely egy felismerő és szegmentáló modellcsalád legfrissebbikeinek egyike. Mi egy előre tanított modellt használtunk. A modellnek egy kép a bemenete, fogásokat, illetve a műsziklákat tudja azonosítani. A videókból az adott pálya képét úgy állítottuk elő, hogy a teljes videó összes képkockáját átlagoltuk. Így a változó elemek eltűntek, csak az állandó háttér maradt. Az összes videó képkockájának átlagolása számításigényes feladat, ezért kísérleteket végeztünk arra, hogy ha kevesebb képkockát átlagolunk, akkor milyen minőségű képet kapunk. A kísérlethez az OpenCV python könyvtárát használtuk. Azt tapasztaltuk, hogy akár 128 videóból egyenletesen kivágott képkocka is ugyanazt az átlagos képet adja, szemre nem is volt megállapítható különbség az összes képkocka átlagolásánál.

	Eredeti képkocka	Átlagolt 1	Átlagolt 2	Átlagolt 3
				
Átlagolt képkockák száma [db]	1	128	2048	25295
Kihagyott köztes képkockák száma [db]	-	196	11	0
Feldolgozási idő [perc:mp]	-	4:37	8:59	18:10

3. táblázat: Videó alapján készült átlagolt képek tulajdonságai

A feldolgozási idő 128 képkocka esetében is jelentős volt (4 perc 37 mp), az eredeti fájl minden képkockáját dekódolni kell, a köztes eldobott 196 db-ot is, ez a kódolás fajtájától függően számításigényes feladat.

Az átlagolt képen fogások felismertetéséhez Google Colab-ban python kódot írtunk. A YOLOv9 alapú modell elő- és utófeldolgozási lépésekkel együtt, kb. 1,4 mp alatt dolgoz fel egy képet. A 3.12. ábrán látható egy feldolgozott kép, amelyen 179 fogást és 3 műsziklát azonosított. Az azonosított fogások koordinátái is adóttak, mivel a kép a videóval azonos arányú és felbontású, ezért a kapott koordináták módosítás nélkül összevethetők a mozgás elemzésekor kapott koordinátákkal.



3.12. ábra: Részlet a felismert fogásokról és műsziklákról

3.6 Kinyerhető információk

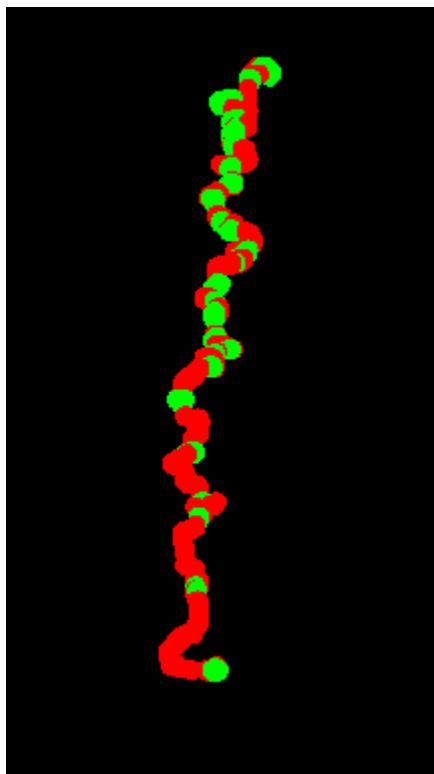
Egy videóból kinyerhető információkat 2 csoportra lehet osztani:

1. Egyik a mászó mozgásának elemzése, az út ismeret nélkül.
2. A falon lévő út felismerése és a mászás értékelése az út segítségével.

A második módszerrel meg lehet határozni egy optimális utat, bár ehhez egyénfüggő speciális modellre lenne szükség, amely meghaladja lehetőségeinket. Ezt a módszert csak korlátozottan használjuk, a fogások ismeretében bizonyos elemzéseket el tudunk végezni. Az első kategóriába tartozó mérőszámok az úton elkövetett hibákra fókuszálnak, emiatt elsősorban ezekre készítettünk megoldásokat.

3.6.1 Mászás idő alapú mérőszámai

A mászás idejéből és az egyes szakaszok időtartalmából sok információra, a mászás teljes időtartalmából pedig a pálya nehézségére lehet következtetni. Továbbá az alapján, hogy a teljes időből mennyit tölt a mászó aktív mozgással, a mászás nehézségét lehet pontosítani. Utólag az egyéni fejlődésnél pedig ezt össze lehet vetni az előző mászások értékeivel, vagy mások ugyanazon az úton elért idejével. A program feldolgozza az aktív mozgással és a pihenésekkel töltött időt. A 3.13. ábra mutatja egy videó elemzését, a mászó útját és a pihenési szakaszokat. A piros jelöli az aktív mozgásokat, a zöld a pihenéssel töltött időt. A teljes út 69 mp-ig tartott, abból 48 mp aktív mozgás volt, 21 mp pedig pihenéssel töltött idő.

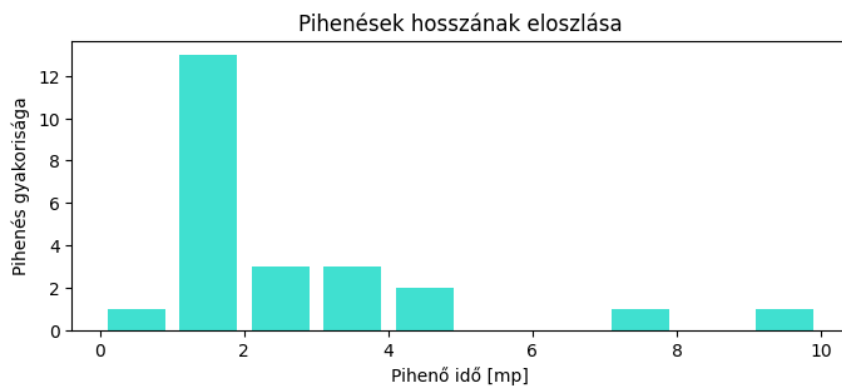


3.13. ábra: A mászó úti pihenések vizualizálása (piros: aktív mozgás, zöld: pihenés)

3.6.2 Pihenések azonosítása és mérése

A mászásban fontos elem a pihenés, mert amikor a szívünk magassága felett tartjuk a kezünket, akkor kevésbé hatékony a véráramlás, gyors erővesztéshez vezet, ha nem pihentetjük, akár rövid pillanatokra is.

Ezért fontos mérni a pihenések idejét és gyakoriságát. A túl sok pihenés is lehet hátrányos, mert közben is fárad az ember, de az erőltetett, pihenésmentes mászás sem célravezető. A 3.13. ábrán mászását tovább elemezve, 25 pihenési szakaszt azonosított. A 10 másodpercnél rövidebb pihenési idők eloszlása a 3.14. ábrán láthatók.



3.14. ábra: A pihenések hosszának eloszlása

3.6.3 Fogások mérőszámai

A mozgások elemzésekor, ha ismerjük a fogásokat, meg tudjuk határozni, hogy hány fogást ért el a mászó. Versenyeken az elért fogások számával arányos az adott úton elért pontszám, amely alapján a helyezéseket osztják. A 3.15. ábrán látható a mászó által érintett fogások. Az algoritmus pirossal jelöli a csak lábbal, zölddel csak kézzel, kékkel pedig a kézzel és lábbal is érintett fogásokat. A példában szereplő fogásokat 16 esetben jobb kézzel, 12 esetben bal kézzel, 13 esetben jobb lábbal és 22 esetben bal lábbal érintette meg. A falon 34 fogásig jutott a mászó.



3.15. ábra: Mászás során a mászó által érintett fogások

3.6.4 Mozdulatok optimalizálása

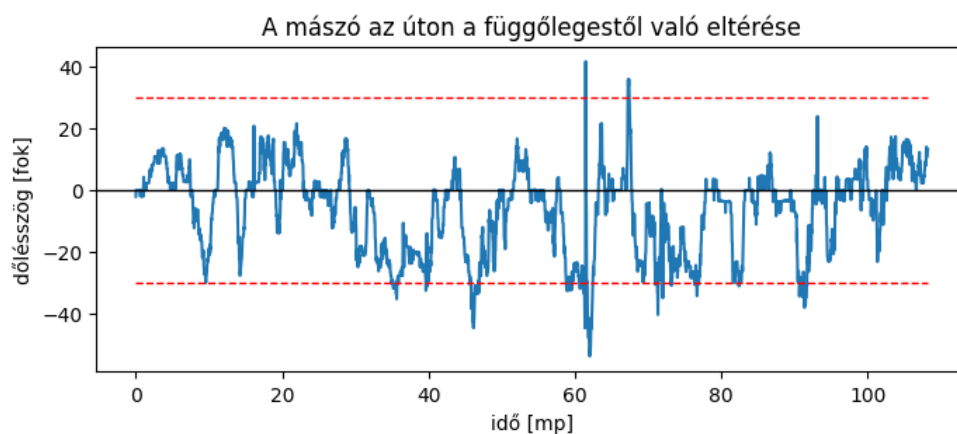
Amikor a mászó, a falon próbálgatja, hogyan tudná megmászni az adott szakaszt, olyankor sok energiát elpazarol. Ez többször megtörténik akkor is, amikor már nem először mássza a falat, így a program azt a célt is szolgálná, hogy megmutatja a mászónak a pályának azon részét, ahol nem volt egyértelmű számára, hogy milyen technikával másszon. A felvételek ilyen összehasonlítása hasznos, a mászás után a szubjektív élmények (pl. hol töltött el sok időt) sokszor nem fedik a valóságot, az időérzékelés stresszes helyzetekben nem túl objektív. A hasznos visszajelzés érdekében egy srt felirat fájl generál az elemző programunk, amely a videót lejátszva megjeleníti az azonosított mozdulatokat, így tud a mászó a mozdulatait visszanézve javítani rajtuk. A 3.16. ábrán látható egy képkocka a feliratos videóból.



3.16. ábra: Mozdulatok optimalizálásához a feliratos videó egy képkockája

3.6.5 Veszélyes helyzetek

Valós idejű működésnél a veszélyes helyzetek jelzése egyértelműen leghasznosabb funkciója lenne a rendszernek, de utólagos elemzésnél is segítenek a fejlődésben, a későbbi ilyen szituációk elkerülésében. A mozgás utólagos elemzésében például a rendkívül erőigényes és sokszor veszélyes ferde szögben történő tartózkodások száma és helye segíti a mászót. A pihenések kihagyása is veszélyes szituációkat eredményezhet.



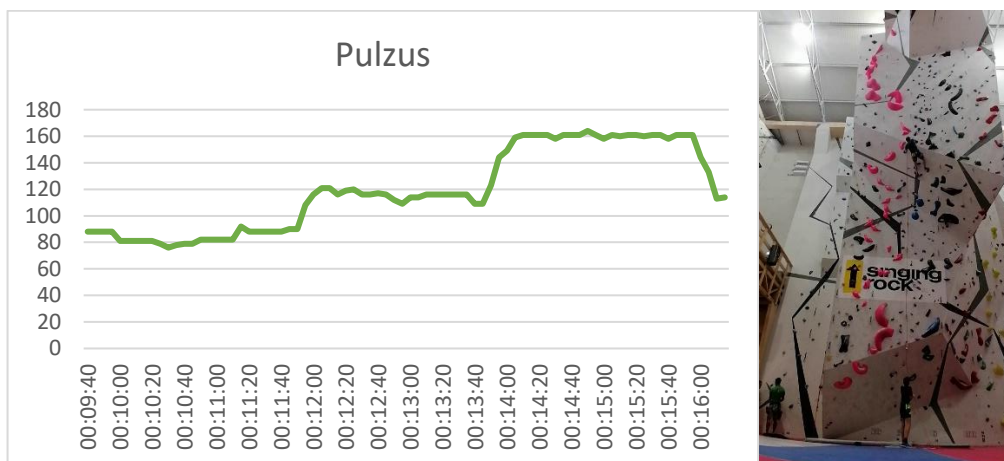
3.17. ábra: A mászó függőlegestől való értéke. Piros szaggatott vonallal a 30 fokos dőlés van megjelölve

A 3.17. ábrán azt látjuk, hogy a mászó a mászás nagy részében a függőlegeshez közeli helyzetben mászik, de néhány esetben jelentősen oldalra dől. Az ábrán a 30 fokos dőlést piros szaggatott vonallal jelöltük. Ezen a mászáson még nem jelent meg veszélyes szituáció, mert csak rövid

ideig volt erősen megdőlvé, de amennyiben ez hosszabb ideig tartott volna, akkor erre érdemes lett volna a mászó figyelmét felhívni.

3.6.6 Pulzus követés

A mászás során a pulzust egyrészt az izommunka, másrészt a stressz mértéke befolyásolja. A pulzus alapján következtetni lehet az út nehézségére. Az adatbázisunk egyik legnehezebb útján jól látszik a megemelkedett pulzus, a negatív áthajló részekben 160 körül értéket is elért. A pulzus változása és a videóból egy kép a 3.18. ábrán látható.



3.18. ábra: A meredek áthajlóban a mászás során megemelkedik a pulzus, jobb oldalon a pálya képe

3.7 Származtatott adatok

3.7.1 Út nehézségének meghatározása

A mászóutakat különböző nehézségi fokozatok szerint megkülönböztetjük, de a mászónak egyénileg az út nehézségét is kiszámíthatjuk. Itt az idő mérőszámokkal és a mozgás folytonosságából következtethetünk erre. Ebből kiírhatunk egy függőleges sebesség - idő grafikont, ami segít szemléltetni a nehézséget. Később pontosítani lehet úgy, hogy hozzávesszük ezekhez az adatokhoz a pulzus számot. Az út nehézségére jelenleg egy egyszerűsített értékelést tudunk adni, a pontosabb értékeket sok adat és gépi tanulás segítségével tudnánk megadni, de ehhez nem áll rendelkezésünkre még elég adat.

3.7.2 Egyéni fejlődés követése

Ez nagyban összefonódik az útnehézségek meghatározásával. Összehasonlítani a mászó mászásait, ugyan azon a pályán. Így látná a fejlődését és állóképességének változását. A program adhat egyéni tanácsokat, amivel a mászó a technikáját fejleszti vagy hibákat küszöböl ki. Itt grafikonok és mérőszámok segítségével adja vissza a kinyert adatokat.

3.8 AI alapú tanácsok

A kapott mérőszámok alapján ChatGPT[20] segítségével ajánlásokat fogalmazunk meg. A promptok a mászások adatiból készülnek, ebből a ChatGPT természetes nyelven fogalmaz meg tanácsokat. A prompt megfogalmazásakor egy system prompt segítségével definiáljuk a segéd funkcióját. Utána a user promptként megkapja a mászások adatait a rendszer és ez alapján előállítja a szöveget. Példa egy promptra, a válasz a ChatGPT o1-preview változatával készült:

Te egy mászásedést támogató asszisztens vagy. Feladatod, hogy ez elvégzett munka alapján tanácsot adjál az edzőmunkához. Az edzésen mászott falak nehézségi szintje /sikeres vagy sikertelen a mászás/mászás ideje másodpercben/beleülések száma/aktív mászás aránya százalékban a teljes mászási időhöz képest: 4a/sikeres/80/0/97, 5b/sikeres/75/0/98, 6a/sikeres/150/1/88, 6b/sikeres/130/2/79, 6a+/sikeres/410/2/81, 5b/sikeres/80/0/99, 7a/sikertelen/320/6/56.

Összegezd a mai edzőmunkát 3 mondatban. Készíts statisztikát is az edzőmunkáról! Javasolj nehézséget a következő edzésre! Javasolj feladatokat a felkészüléshez!

Válasz:



Thought for 21 seconds ▾

Ma sikeresen megmászta több utat 4a-tól 6a+ nehézségig, és megpróbált egy 7a nehézségű utat is, ami most még sikertelen volt. A beleülések száma növekedett a nehézség emelkedésével, de az aktív mászás aránya átlagosan magas maradt, ami jó állóképességet jelez. Összességében a mai edzésed változatos és kihívásokkal teli volt, ami elősegíti a fejlődésedet.

Statisztika:

- Összes megmászott út: 7 (6 sikeres, 1 sikertelen)
- Összes mászási idő: 1245 másodperc
- Átlagos beleülések száma: 1,6
- Átlagos aktív mászás aránya: 85%

A következő edzésen érdemes a 6b és 6c nehézségű utakra fókuszálnod, hogy stabilizáld a teljesítményed ezen a szinten. Próbáld meg fokozatosan beleépíteni 7a nehézségű utakat is, hogy szokjad a magasabb kihívást.

A felkészüléshez javasolt erősítő gyakorlatokat végezni, különösen az ujjak és az alkar izmainak fejlesztésére. Gyakorold a technikás mozgásokat és a lábmunka finomítását. Emellett növeld az állóképességedet hosszabb utak mászásával és kevesebb pihenővel az edzéseken.

4 Továbbfejlesztési lehetőségek

A bemutatott módszerek egy hosszabb kutatási és fejlesztési folyamat kezdeti lépéseire, alapjaira koncentrált. A kutatások során számos ötlet és javaslat fogalmazódott meg bennünk, amely egy részét idő- vagy erőforráshiány miatt későbbre kellett halasztanunk. A fejezet további részében bemutatjuk ezeket.

4.1 Használhatóság

4.1.1 Futtatási környezet

Jelenleg szerver alapú megoldásokat használtunk, amely alkalmas lehet arra, hogy felhő alapú gépekre költöztessük és kliens-szerver felépítésben távolról is használható legyen.

A felhasznált eszközöknél figyeltünk arra, hogy a modellek skálázhatók legyenek, akár kevés teljesítményromlással mobilos környezetben is futtathatóak legyenek.

4.1.2 App készítése

A jól használható rendszer alapja egy felhasználóbarát interfész, amelyet kellemes és könnyű használni. Ennek kialakítása szintén időigényes, de így, hogy a háttérfeldolgozó algoritmusok és módszerek rendelkezésre állnak, már könnyebben teljesíthető feladat. Az app kidolgozása segítené az adatok gyűjtését, ha sikerül béta tesztelőket bevonni a kutatásba, akkor a több adattal a modellek is továbbfejleszthetők.

Az edzés támogatásnak fontos része az oktatási anyagok előállítása, itt érdemes lenne ebben járatos embereket bevonni.

Hasznos segítség lenne különböző checklist-ek kezelése, a mászó sport sok felszerelést igényel, általában már későn derül ki, ha egy-egy felszerelés kimaradt a csomagoláskor. Szintén segítené az emberi hibák kiküszöbölését, ha biztonsági ellenőrzéseket is segítené az app.

4.1.3 Modellek és új funkciók

Amennyiben valós idejű működést sikerülne megvalósítani, akkor egy ilyen biztonságkritikus sportban egy-egy vészjelző funkció akár életet is menthetne. Fontos lenne a modelleket továbbfejlesztetni, hogy az ember mellett a kötelet is azonosítsa. Az utak azonosítására használt modellek esetében a köztesek (expresszek, ahová a kötelet akasztja a mászó az út során) azonosítása is megoldandó feladat. A kötél és a köztesek viszonyának azonosításával sok biztonsági figyelmeztetést lehetne megvalósítani. Ezekhez adatbázis további építése szükséges.

4.1.4 Mérőszámok, analízisek

A jelenlegi mérőszámoknál precízebb értékelést is ki lehet dolgozni, pl. biomechanikai ismeretek segítségével az izommunka pontosabban mérhető, értékelhető. A mozgások elemzésére AI modellek taníthatók, címkézett adatbázissal azonosíthatók a jó és rossz mozdulatok. Ehhez profi mászók mozgását célszerű elemezni.

4.1.5 Mászótermi infrastruktúra

Az 3.3.3. fejezetben említettük, hogy fix kamerák elhelyezése a mászótermekben szóba jöhet, lehetne a rendszert arra használni, hogy az üzemeltetőknek folyamatosan monitorozza a mászó közönséget és azonnal még a baj megtörténte előtt jelezzon a falmesternek, ha valaki veszélyes tevékenységet végez. Pl. egy kifinomult valós idejű rendszer megakadályozhatott volna egy közelmúltban történt balesetet, amikor egy fáradt vendég az automata biztosítóberendezés felcsatolása nélkül kezdett mászni, majd kb. 6m magasról leesett, súlyosan megsérült. Ha az algoritmusok észlelték volna a súlyos biztonsági hiányosságot, egy sziréna vagy hangos beszélő segítségével megállíthatta volna a mászót és megelőzhette volna a balesetet.

4.2 Teljes edzőmunka támogatása

A konkrét mászás mellett az edzés támogatás teljes skáláját érdemes lenne kidolgozni, pl. az aznapi tervezett edzésterv alapján történő bemelegítés, vagy a rögzített mászások alapján történő levezetés és a mászásban fontos nyújtások levezénylése.

A program támogatná az edzések ütemezését és személyi edző igénybevétele esetén az edző számára is riportokat készítené az elvégzett munkáról.

Amatőr sportolók számára oktatási anyagokat is nyújthatna a rendszer, illetve a motiváció fenntartására, valamilyen közösségi gamifikációs megoldást is érdemes lenne a későbbiekben beleépíteni.

5 Összefoglalás

Dolgozatunkban bemutattuk, hogy a mászósportban szerzett tapasztalataink és az elolvasott irodalmak alapján hogyan lehet az edzésmunkát támogatni. Meghatároztuk, hogy egy amatőr mászók számára készülő edzéstámogató rendszernek milyen alap funkciókat kellene tudni és ezek alapján kísérleteket végeztünk, hogy kipróbáljuk az ehhez szükséges algoritmusokat, modelleket, eszközöket.

A kísérletek elvégzéséhez saját adatbázis gyűjtését kezdtük meg, amely elemzésére saját megoldásokat dolgoztunk ki. A kísérleteink és algoritmusaink megalapozzák egy jövőbeli kísérleti rendszert.

Nyilatkozat: A dolgozat szövege saját munkánk, generálásához nem használtunk nagy nyelvi modelleken alapuló szöveggeneráló megoldásokat (ChatGPT és társai).

Irodalomjegyzék

- [1] Sportágak – Sportmászás (falmászás): <https://sportmegoldasok.hu/edzotaborok/sportszovetsegek-adatbankja/sportagak/sportagak-sportmaszas-falmaszas/> hozzáférés: 2024. augusztus 15.
- [2] Via Ferrata, Hámori Via Ferrata Pályák: <https://hszjse.hu/hamori-via-ferrata/> hozzáférés: 2024. augusztus 15.
- [3] Grade Conversions: <https://rockfax.com/climbing-guides/grades/> hozzáférés: 2024. szeptember 2.
- [4] Climbalyzer, Virtual Climbing Coach: <https://climbalyzer.com/> hozzáférés: 2024. szeptember 2.
- [5] The largest collaborative rock climbing & bouldering platform: www.thecrag.com hozzáférés: 2024. szeptember 2.
- [6] Stökt, The #1 App for Indoor Climbing: <https://www.getstokt.com/> hozzáférés: 2024. szeptember 2.
- [7] Markéta Tesařová: Gyakorlatok és edzések, https://gymbeam.hu/blog/hogy-allitsunk-ossze-egy-minosegi-edzestervet-probaljatok-ki-gyakorlatokat-a-fitness-celotok-alapjan/#Mi_az_az_edzesterv_es_mire_jo, 2023.04.06
- [8] Somkuti Nándor: Hasznos tanácsok, <http://www.somkutin.hu/advice>, hozzáférés: 2024. szeptember 20.
- [9] In Ed: Münnich, Á, Hidegkuti, I: *Fejezetek a Sport-pszichodiagnosztika és Tanácsadás témaköreiből*, https://psycho.unideb.hu/sportpszichodiagnosztika/fejezetek/kb_sporttudomanyi_book/bevezetes.html, Debreceni Egyetemi Kiadó, 2021
- [10] Baumann Viola: *Velem nem történhet meg...*, <https://www.mozgasvilag.hu/hegymaszas/hirek/maszobalesetek>, 2017.10.25
- [11] Gaál Péter: *Sportmászófal kezelő szemályzet biztonságtechnikai ismeretei*, <https://miaoe.hu/wp-content/uploads/2020/04/2019.2.02es-verzi%C3%B3-m%C3%A1sz%C3%B3fal-kezel%C5%91-compressed.pdf>, GPH Rope Kft, Ver 2.2, 2019.10.25
- [12] Bóka, F, Lehmann-Dobó, A, Dorka, P, Borkovics, M: *Indoor-outdoor : elmélet és gyakorlat*. http://www.jgypk.hu/tamop13e/tananyag_html/indooroutdoor/technikai_alapismeretek_szablyok.html, 2013
- [13] Ilgner, Arno. *The rock warrior's way: Mental training for climbers*. BookBaby, 2003.
- [14] Chengye Yang: Benchmarking: AlphaPose VS OpenPose: https://github.com/ChengeYang/Human-Pose-Estimation-Benchmarking-and-Action-Recognition/blob/master/doc/command_benchmarking.md hozzáférés: 2024. augusztus 10.

- [15] OpenPose 1.7.0: The first real-time multi-person system to jointly detect human body, hand, facial, and foot keypoints <https://cmu-perceptual-computing-lab.github.io/Openpose/web/html/doc/> hozzáférés: 2024. augusztus 10.
- [16] Fang et al: AlphaPose: Whole-Body Regional Multi-Person Pose Estimation and Tracking in Real-Time <https://github.com/MVIG-SJTU/AlphaPose> hozzáférés: 2024. augusztus 10.
- [17] OpenCV is the world's biggest computer vision library: <https://opencv.org/> hozzáférés: 2024. augusztus 10.
- [18] Gozony Gergő: Biztonságtechnikai elmélet, https://www.excelsior.hu/trad_mhoktananyag/biztos%C3%ADt%C3%A1stechnika_v12.pdf, Semmelweis Egyetem, hozzáférés: 2024. augusztus 20.
- [19] Michał Kurcewicz: Climbing Crux Model. https://github.com/mkurc1/climbingcrux_model hozzáférés: 2024. augusztus 20.
- [20] OpenAI.. *ChatGPT* (2024. Sep 17, o1-preview version) [Large language model]. <https://chat.openai.com/chat> hozzáférés: 2024. október 20.
- [21] Zhang, M., Zhou, Y., Xu, X. et al. Multi-view emotional expressions dataset using 2D pose estimation..<https://www.nature.com/articles/s41597-023-02551-y> Sci Data 10, 649 (2023)

Függelék

1. Utak nehézsége



- Beginner
- Experienced
- Advanced
- Expert
- Elite

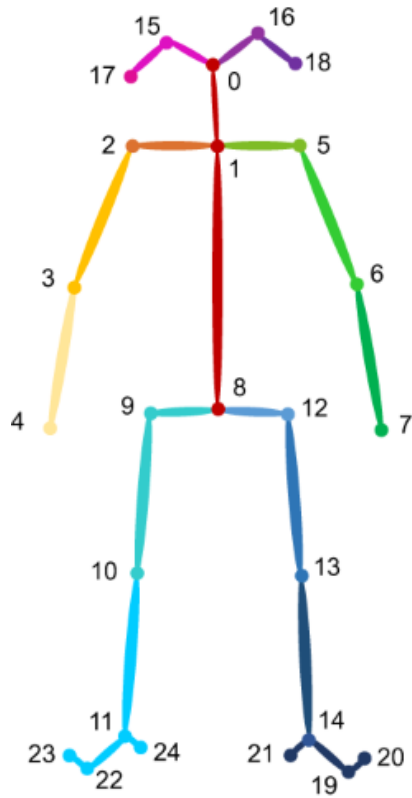
Colour bands indicate equivalent overall difficulty across different climbing types taking account of protection and environment. More at rockfax.com

Sport Grade	British Trad Grade (range from BOLD to SAFE)	UIAA	USA	Norway	Au
1	Mod <i>Moderate</i>	I	5.1	3	4
2		II	5.2		6
2+	Diff <i>Difficult</i>	III	5.3	4	8
3a		III+	5.4	4+	10
3b		IV	5.5		12
3c	Sev <i>Severe</i>	IV+	5.6	5-	14
4a	HS <i>Hard Severe</i>	V-	5.7	5	15
4b		V	5.8		16
4c		V+	5.9	5+	17
5a		VI	5.10a	6-	18
5b	BOLD 5a	VI+	5.10b	6	19
5c	BOLD 5b	VII	5.10c	6+	20
6a	E1 SAFE	VII+	5.10d	7-	21
6a+	BOLD 5c	VIII	5.11a	7	22
6b	BOLD 5b	VIII+	5.11b	7+	23
6b+	E2 SAFE	IX	5.11c	8	24
6c	BOLD 6a	IX+	5.12a	8+	25
6c+	E3 SAFE	X	5.12b	9-	26
7a	BOLD 6b	X+	5.12c	9	27
7a+	E4 SAFE	XI	5.12d	9+	28
7b	BOLD 6c	XI+	5.13a	10-	29
7b+	E5 SAFE	XII	5.13b	10	30
7c	BOLD 7a		5.13c	10+	31
7c+	E6 SAFE		5.13d	11-	32
8a	BOLD 7b		5.14a	11	33
8a+	E7 SAFE		5.14b	11+	34
8b	BOLD 7c		5.14c		35
8b+	E8 SAFE		5.14d		36
8c	BOLD 8a		5.15a		37
8c+	E9 SAFE		5.15b		38
9a	BOLD 8b		5.15c		
9a+	E10 SAFE				
9b	BOLD 8c				
9b+	E11 SAFE				

Free poster from Rockfax.com © Rockfax 2000, 2002, 2008, 2014, 2016, 2020, 2021

2. 25 pontos emberábrázolás

Forrás: [21]



- | | |
|--------------------|----------------------|
| 0 - Nose | 13 - Left knee |
| 1 - Neck | 14 - Left ankle |
| 2 - Right shoulder | 15 - Right eye |
| 3 - Right elbow | 16 - Left eye |
| 4 - Right wrist | 17 - Right ear |
| 5 - Left shoulder | 18 - Left ear |
| 6 - Left elbow | 19 - Left big-toe |
| 7 - Left wrist | 20 - Left small-toe |
| 8 - Mid hip | 21 - Left heel |
| 9 - Right hip | 22 - Right big-toe |
| 10 - Right knee | 23 - Right small-toe |
| 11 - Right ankle | 24 - Right heel |
| 12 - Left hip | |

3. Vizsgált telefonok kamera tulajdonságai

	Előlapi kamera	Hátlapi kamera
Xiaomi Redmi 12	8 MP, f/2.1, (wide) 1080p@30fps	50 MP, f/1.8, (wide), PDAF 8 MP, f/2.2, 120° (ultrawide) 2 MP, f/2.4, (macro) LED flash, HDR 1080p@30fps
Samsung Galaxy A50	25 MP, f/2.0 HDR 1080p@30fps	25 MP, f/1.7, 26mm (wide), PDAF 8 MP, f/2.2, 13mm (ultrawide), 1/4.0", 1.12µm 5 MP, f/2.2, (depth) LED flash, panorama, HDR 1080p@30fps
Huawei P smart 2019	8 MP, f/2.0 HDR 1080p@30fps	13 MP, f/1.8, PDAF 2 MP, (depth) LED flash, HDR, panorama 1080p@30/60fps
Huawei P30 lite	24 MP, f/2.0, 26mm (wide), 1/2.8", 0.9µm or 32 MP, f/2.0, 26mm (wide), 1/2.8", 0.8µm panorama 1080p@30fps	48 MP, f/1.8, 27mm (wide), 1/2.0", 0.8µm, PDAF 8 MP, 17mm (ultrawide) 2 MP, f/2.4, (depth) or 24 MP, f/1.8, (wide), PDAF 8 MP, 17mm (ultrawide) 2 MP, f/2.4, (depth) LED flash, HDR, panorama 1080p@30fps (gyro-EIS)