

Komfortfüggő szellemi teljesítőképesség mérésére szolgáló módszer kidolgozása

Development of a method to measure comfort-related mental performance

LENKOVICS András¹, LENKOVICS Balázs², LENKOVICS László¹, Dr. CAKÓ Balázs¹

¹ Pécsi Tudományegyetem, Műszaki és Informatikai Kar, Épületgépész- és Létesítménymérnöki Tanszék
Magyarország, 7624 Pécs, Boszorkány út 2.

² Pécsi Tudományegyetem, Műszaki és Informatikai Kar
Magyarország, 7624 Pécs, Boszorkány út 2.

¹ e-mail: lenkovics.andras@pte.hu

Abstract

The comfort of the office environment has a profound impact on human mental performance. In our research, we conducted an experiment in a measuring chamber where participants simulated mental work using a self-designed program. The aim of the experiment is to measure how the office environment affects concentration and performance. Participants rated the conditions in the measurement chamber and their own mental performance after the task, which allowed us to analyse the correlations in more depth.

Keywords: mental performance, thermal comfort, controlled environment chamber

Kivonat

Az irodai környezet komfortja alapvetően befolyásolja az emberi szellemi teljesítményt. Kutatásunk során egy mérőkamrában végeztünk kísérletet, ahol a résztvevők egy saját tervezésű program segítségével szimuláltak szellemi munkát. A kísérlet célja az, hogy kimérjük, hogy hogyan befolyásolja az irodai környezet a koncentrációt és a teljesítményt. A résztvevők a munkavégzés után értékelték a mérőkamra körülményeit és saját szellemi teljesítményüket, ami lehetővé teszi számunkra az összefüggések mélyebb elemzését.

Kulcsszavak: szellemi teljesítmény, hőkomfort, mérőkamra

1. BEVEZETÉS

A munkahelyi környezet minősége jelentős hatással van az alkalmazottak jólétére, motivációjára és teljesítőképességre. Ezért a munkaterület kialakításának optimalizálása és megfelelő irodai környezet megteremtése kulcsfontosságú a hatékony munkavégzés szempontjából. Az irodai komfort elemzése nem csak ergonómiai szempontokra terjed ki, hanem magában foglalja a zajszintet, a légminőséget, a világítást és a hőmérsékletet is, melyek mind befolyásolják az alkalmazottak szellemi teljesítményét [1]. A kognitív funkciók, mint például a koncentráció, a problémamegoldás és az emlékezet hatékonysága közvetlenül kapcsolódnak az iroda környezetéhez.

Az irodai komfort optimalizálása révén nem csak a munka minőség javul, hanem csökkenthető a munkahelyi stressz okozta egészségügyi problémák is, ami hosszútávon jelentős megtakarítást jelenthet a vállalatot számára az egészségügyi kiadások terén. Valamint az irodai komfort javítása hozzájárulhat a Sick Building Syndrome, azaz a beteg épület szindróma kialakulásának megelőzéséhez, ami egy olyan állapot, ahol az épületben tartózkodók több, nem specifikus egészségügyi panasz tapasztalnak, melyeket közvetlenül az épület környezetéhez kapcsolódik.

Ennek fényében a kutatásunk célja, hogy adatokkal támaszthassuk alá az irodai környezet és a szellemi teljesítmény közötti összefüggéseket. A megfelelően kialakított munkahely nem csupán a munkavállalók elégedettségét növeli, hanem a vállalatok számára is előnyös, mivel a jobb munkakörülmények közvetlenül hozzájárulnak a produktivitás növeléséhez.

1.1. Szellemi teljesítőképesség mérésének módszertana

A szellemi teljesítőképesség vizsgálatának célja az emberi agy kognitív funkcióinak és ezek teljesítményének mélyreható megértése és értékelése. A kognitív pszichológia, a neuropszichológia és a pedagógiai pszichológia egyaránt hozzájárulnak a szellemi képességek mérésének és fejlesztésének módszertanához. A különböző tesztek, mint például a memóriatesztek, figyelemkoncentrációs tesztek, problémamegoldó tesztek vagy éppen mintázattfelismerő, kategorizáló tesztek mind részletes képet adnak egy adott személy kognitív állapotáról és képességeiről [2]. A módszertan alapvető célja, hogy objektív és megbízható mérőeszközöket biztosítson, melyek segítségével értékelhetővé válnak az egyéni szellemi teljesítmények.

A fizikai teljesítőképességgel szemben, a szellemi teljesítőképesség nem jól definiált. A mentális képességek definiálhatóak úgy, mint a kognitív munkára való képesség vagy hajlandóság [3]. Köztudott és sok publikáció is megjelent már, hogy az étrend és az étrenden belüli ásványok és nyomelemek mekkora hatással van az emberi teljesítőképességére. Az étrenden felül bizonyos drogok is képesek módosítani a kognitív funkciók terhelhetőségét. Leghíresebbek például a koffein, vagy a nikotin [4, 5]. Illetve ismertek már további vegyületek is, amelyek hasonló hatásokat váltanak ki és legálisan forgalomba hozhatóak, a kardiovaszkulárisra való magas terhelése ellenére [6, 7].

A szellemi teljesítőképesség mérésekor alapvető fontosságú a tesztek standardizálása és validálása, amely biztosítja, hogy a feladatok relevánsak megbízhatóak és érvényesek legyenek az adott kognitív képességek mérésére. A standardizált teszteseti környezet lehetővé teszi, hogy a mérések különböző időpontokban és különböző alanyokon is összehasonlíthatóak legyenek.

1.2. A szellemi teljesítőképesség és a hőkomfort kapcsolata

A Povl Ole Fanger féle PMV-PPD elmélet, az emberi hőkomfort számszerűsítésére megalkotott modell hatással van az emberi szellemi teljesítményre. Az emberi test folyamatosan alkalmazkodik az aktuális hőterheléshez, amely változás esetén fokozott munkát követel a szervezettől és alacsonyabb éberséghez vezet. Meleg hatására az erek kitágulnak, és akár az verejtékmirigyek is fokozott működésbe lépnek.

A szakirodalomból kiderül, hogy a mekkora hatása a komfortnak a kognitív képességekre. D.P. Wyon [8] cikkében arról számol be, hogy 27°C fokos autóban 22%-kal romlott a tesztalanyok reakcióideje, a 21°C-os autó vezetéséhez képest. Mivel a PMV-PPD elmélet függ a viselt ruházat "clo" értékétől, ezért a személyes preferenciák által megszabott extrémumok ellen védekezhetünk a megfelelő ruházat megválasztásával [8].

2. MÓDSZERTAN

A Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar épületgépész laboratóriumának mérőkabinjában végeztünk méréseket kettő féleképpen. A mérőkabinban egy asztallal, kettő székkal volt berendezve, az asztalon egy lappal. A fizikai méréseket kettő TESTO 400 univerzális komfortmérő eszközzel és egy PT-Teknik termikus mérőbábúval mértük. A kísérletet húsz élő alany segítségével végeztük. Az élő alanyok kitöltöttek egy szellemi tevékenységet igénybe vevő feladatsort, majd értékelték a mérőkabin komfortosságát és a saját szellemi teljesítményüket.



1. ábra. A mérőkammera berendezése. Bal oldalon a mérőbábú és annak a környezetét mérő TESTO állvány. Mellette az élő alany helye és munkahelye, valamint a környezetét mérő TESTO állvány. A kép jobb oldalán a befűvő doboza látható.

2.1. Szellemi teljesítményt igénylő teszt

Egy Python (Python 3.11.2) nyelvben írt számítógépes program segítségével tettük próbára az élő alanyok szellemi teljesítményét. A program IQ teszt jellegű feladványokat ad a felhasználónak öt különböző feladattípusból. A feladattípusok között vannak, amelyek időre mennek és olyanok, amelyek meghatározott számú rontásig. Az időkorlátos feladatoknál 90 másodperc alatt minél több problémát kell megoldani. Az esélykorlátos feladatok viszont három rontásig mennek, azaz a program akkor vált új feladattípusra, ha a játékos három feladatra is rossz megoldást adott.

A Stroop teszt az egyik időkorlátos feladattípus, amely során a játék kiírja egy színnek a nevét valamilyen színnel, majd a játékos feladata, hogy azt a gombot nyomja meg, amelyikre a szöveg színe van kiírva. Például, ha piros színnel jelenik meg a “kék” felirat, akkor a helyes megoldás az a gomb, amelyikre az van írva, hogy “piros”. A gomb színe véletlenszerű, hogy fokozza a kihívás komolyságát. A játékosnak másfél perc alatt a lehető legtöbbet kell megoldani, lehetőleg jól, habár a kitöltés során ennek nincs következménye.

A kakukktojás feladatok során kilenc ábra jelenik meg a felhasználónak, amely ábrák egyesével 6-6 egységes alakzatot mutatnak egységes színnel. A kilenc ábra közül az egyik eltér vagy alakzat vagy szín vagy egyszerre mindkettő szerint a többitől. A játékos feladata megtalálni a kakukktojás ábrát, azt amelyik eltér a többitől. A játékosnak másfél perc alatt minél több megoldást kell adnia, lehetőleg jól. A feladatok nehézsége a válasz helyessége szerint növekedik, vagy csökken.

A majomlétra feladatban másfél másodperc erejéig megjelenik a nehézségi szint függvényében néhány szám a képernyőn véletlenszerű sorrendben. A másfél másodperc után gombok rejtik el a számokat, és a helyes megoldás a gombok helyes sorrendben való megnyomása. A játékos addig csinálja ezeket a feladatokat, amíg nem rontja le harmadszorra is.

A számterjedelem feladatban egy számsort kell megjegyeznie a játékosnak, amelyet a számsor bemutatása után vissza kell adnia. A feladat során a felhasználó lát egy kijelzőt és 10 gombot, amelyek a numerikus billentyűzet szerint vannak elrendezve. A bemutatás során a számsor számai másfél-másfél másodpercre jelennek meg. Ezután kell a játékosnak a helyes sorrendben megnyomnia a gombokat vagy a képernyőn megjelenített gombokkal, vagy akár a billentyűzeten. A feladatokat három hibázásig csinálja a játékos.

A lépésterjedelem feladat során 16 gombot lát a felhasználó 4x4-es elrendezésben, amiket abban a sorrendben kell megnyomnia, ahogyan a játék bemutatja hasonlóan, mint a számterjedelem feladatokban. A feladatok három hibáig mennek.

Miután a felhasználó minden feladatot elvégzett, a program naplózza minden problémára adott válasz megoldási idejét.

2.2. Szabályozott környezetű mérőkamra

A kísérletet egy 3.51x4 méter alapterületű és 3,3 méter belmagasságú mérőkamrában végeztük. A mérőkamrának nincsen közvetlen fala külső tér felé. Minden fala és a padló külön fűthetőek és hűthetőek. A falak és a padló felülete közel állandó hőmérsékleten tartható. A falak és a padló hőmérsékletét az előremenő víz hőmérséklet állításával lehet szabályozni. A kísérlet során kettő komfortállapotot vizsgáltunk, ehhez a mérőkamrát beállítottuk egyszer, hogy nagyjából 24°C hőmérsékletű legyen a levegő hőmérséklete, másodszer pedig 27°C. A mérőkamrában elárasztásos befúvással valósítottuk meg a ventillációt, valamint a mérés során a légmozgás kellemességére, kellemetlenségére is kíváncsiak vagyunk. A fizikai paramétereket úgy választottuk meg, hogy $PMV=0,00$ és $PMV=-0,21$ legyenek.

A mérőkamra két pontján [1. ábra] TESTO 400 univerzális klímamérő eszközzel mértünk léghőmérsékletet, légszebeségeket, gömbhőmérsékletet és CO_2 sűrűséget. Az egyik mérési pont az élőalany munkaállomása előtt és a másik mérési pont pedig az élő alanytól jobbra, kisség mögötte volt. A légszebeséget három szinten mértük. Lámagasságban 0,3 méterre a padlótól, térd magasságban 0.6 méterre a padlótól és fej magasságban 1.1 méter magasan a padlótól.

A kamrába egy termikus mérőbábút is elhelyeztünk, amely mérte a mérőkabin fizikai hőkomfort paramétereit, és a $PMV-PPD$ értékeket. A termikus mérőbábú hőellenállása 0.7 clo körüli érték volt. A mérőbábú az élőalany mellett foglalt helyet.

Az élő alanyok szellemi teljesítőképességét a saját fejlesztésű IQ teszt feladatsorral mértük. Majd egy kérdőívben gyűjtöttük be, hogy milyennek találták a kamra komfortosságát és milyennek ítélik meg a saját

szellemi munkájuk teljesítményét. Az alanyok egységes öltözetben végezték a kísérletet, egy székben ülve, így a hőellenállásuk egységesen, 0.7 clo körüli érték volt.

2.3. A mérés menete

A kísérletet 7 nap alatt végeztük. Két nap az egyik paramétereken, majd 3 nap a másik paraméterekkel. Ugyanazok az alanyok végezték mindkét nap a kísérletet.

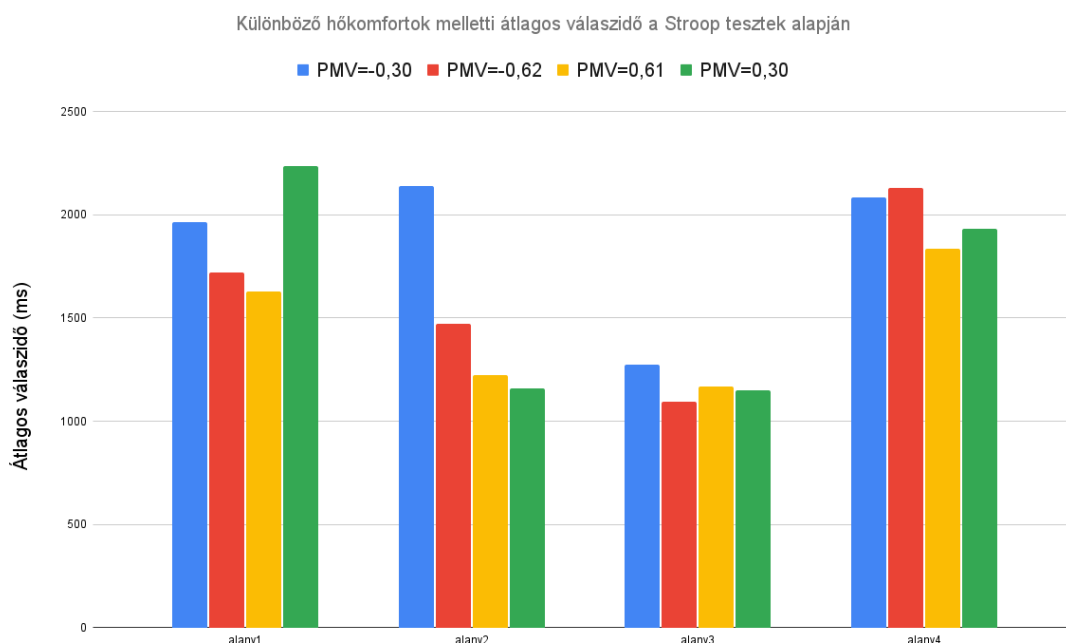
A kamrában alacsony légsebességgel fújattunk be levegőt. Így ültettük, be az alanyt, majd arra kértük, hogy blank töltsse ki az IQ tesztet, hogy megismerkedjen a feladattípusokkal. Blank, azaz nem értékes mérési eredményt ad, csak arra való, hogy az alany megismerkedjen a feladattípusokkal. Ez után egy néhány percig hagytuk az alanyt szokni a kamra környezetét. Majd arra kértük, hogy ismét töltsse ki a tesztet és után válaszoljon egy kérdőívre is, amelyben a komfortosságát válaszolta meg, és a NASA-TLX (Task-Load Index) alapján a saját szellemi teljesítményét értékelte szubjektíven. Kitöltés után a feljebb állítottuk a légsebességet, majd 15-20 perccel később ismét megkértük az élő alanyt, hogy töltsse ki a tesztet. A második kitöltés után magas sebességű levegő befúvással frissítettük a kamra levegőminőségét, hogy a szén-dioxid ne legyen hatással a következő alanyra.

3. EREDMÉNYEK

A teljesség igénye nélkül néhány alany eredményét összevetettük (2. Ábra). Minden alany teljesítménye csak saját, másik hőterhelés alatti eredményével összehasonlítva értelmezhető. Azonban azt az eredmény kaptuk, hogy ekkora eltérés mellett nincs szignifikáns különbség egy ember szellemi teljesítményében, azaz egyszerű feladatok megoldásra szánt válaszüdejében.

A helyes válaszokhoz tartozó reakcióidőkből kiemeltük azokat az adatokat, amelyek az időeloszlás utolsó kvartilisébe esnek, vagyis a lelassabb válaszokat, azzal a megfontolással, hogy a nyers adatsorban sok indokolatlanul kiugró pont volt. Ezt követően a fennmaradó adatokat csoportokba rendeztük aszerint, hogy mely hőterhelés alatt végezték. Ezután minden csoportra külön kiszámoltuk a reakcióidők átlagát, ami lehetővé tette, hogy pontosabb képet kapjunk a vizsgált személyek általános teljesítményéről, anélkül, hogy az extrém értékek torzítsák az eredményeket.

A második ábrán látható, hogy 20 alany eredményeiből kiválasztott 4 alany eredményei különböző magatartást mutatnak a különböző hőérzetek mellett.



2. ábra. Az programból számított néhány eredmény bemutatása.

4. DISZKUSSZIÓ

A szellemi teljesítmény változást próbáltunk kimutatni különböző hőkomfort paraméterek mellett. Azonban nem találtunk szignifikáns teljesítmény csökkenést, a szakirodalommal ellentétben. A begyűjtött adatok további feldolgozást igényelnek, és összevetendők a válaszolt komfortérzettel. Az elkészített program hibajavításra és további fejlesztésre szorul, hogy alkalmas legyen a kognitív képességek mérésére.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Borsos, Á., Zoltán, E. S., Pozsgai, É., Cakó, B., Medvegy, G., & Girán, J. (2021). The comfort map—A possible tool for increasing personal comfort in office workplaces. *Buildings*, 11(6), 233.
- [2] Bondy, K. N. (1994). Assessing cognitive function: a guide to neuropsychological testing. *Rehabilitation Nursing*, 19(1), 24-30.
- [3] Lieberman, H. R. (2007). Cognitive methods for assessing mental energy. *Nutritional neuroscience*, 10(5-6), 229-242.
- [4] Ernst, M., Heishman, S. J., Spurgeon, L., & London, E. D. (2001). Smoking history and nicotine effects on cognitive performance. *Neuropsychopharmacology*, 25(3), 313-319.
- [5] Glade, M. J. (2010). Caffeine—not just a stimulant. *Nutrition*, 26(10), 932-938.
- [6] Alford, C., Cox, H., & Wescott, R. (2001). The effects of red bull energy drink on human performance and mood. *Amino acids*, 21, 139-150.
- [7] Ragsdale, F. R., Gronli, T. D., Batool, N., Haight, N., Mehaffey, A., McMahon, E. C., ... & Wilson, T. (2010). Effect of Red Bull energy drink on cardiovascular and renal function. *Amino acids*, 38, 1193-1200.
- [8] Wyon, D. P. (1996, October). Indoor environmental effects on productivity. In *Proceedings of IAQ* (Vol. 96, pp. 5-15).