

Dancsa Dániel

3D-modellek létrehozása az oktatáshoz

A technika átszövi a mindennapi életet, beleértve az oktatás folyamatát is. A technológia fejlődésének köszönhetően olyan eszközök és ezzel együtt technikák állnak a rendelkezésünkre, amelyekkel az oktatás folyamatát innovatívvá, a tanítást és tanulást pedig érdekesebbé tehetjük. Ennek megvalósítására ma már rendelkezésünkre áll a 3D-technika, aminek köszönhetően új dimenziókat tudunk megnyitni a biológiaoktatás számára. Az utóbbi időben a kamerák intenzív technológiai fejlődésen mentek keresztül, aminek köszönhetően nagy felbontású képeket készíthetünk. Munkánk során egy lódarazsat (*Vespa crabro*) felhasználva készítettünk egy 3D-modellt. A már nem élő állatot 360 fokban forgatható asztalra helyeztük, majd számos felvételt készítettünk róla különböző szögekből és magasságból. A szoftverek fejlesztése is megtörtént, így ezeket a relatíve olcsó és mindenki számára hozzáférhető eszközöket ki tudjuk használni a fotogrammetriai munkánk során. Az elkészült nagy felbontású képeket a Pix4D szoftverben dolgoztuk fel, aminek köszönhetően élethű modelleket tudtunk létrehozni.

Bevezetés

A modell a szakirodalom szerint a valóság kisebb-nagyobb részletének idealizált képe, de egy törvény vagy egy koncepció is lehet modell. Ugyanakkor a modelleket leghatékonyabban a rendszer működésének a leírására, elemzésére és megmagyarázására használjuk. A modellezés tehát a megértést (a rendszer megértését) segíti elő (Kirkby, 1987; Makádi et al., 2013).

A modellezés, illetve a modellek használata egy általános kommunikációs forma, hiszen ha az utcán útbaigazítást kérünk, akkor az útbaigazító gesztikulálni kezd és a kezeit is felhasználva elmutogatja a helyes irányt. Ugyanez a jelenség megfigyelhető a játszótéren is, mikor a kisgyermek a homokozóban ágak és különféle eszközök segítségével eljátszanak egy vacsorát. Ilyen formán nem tesznek mást, mit utánóznak, lemodelleznek egy jelenséget, amit már korábban oly sokszor láttak (Gilbert & Ireton 2003, Geda, 2011).

A modellek a valóság egy-egy részletét mutatják be. A modellek lehetnek kvalitatívak, melyek hozzásegítik a tanulókat ahhoz, hogy struktúrákat és formákat értsenek meg, továbbá egy modell lehet kvantitatív is, mely a funkciók és kapcsolatok megértését segítik elő. Ugyanakkor egy modell egyszerre kvantitatív és kvalitatív aspektusokkal is rendelkezhet (Gilbert & Ireton, 2003, Nagy et al., 2020).

A modellek típusai Huszti és Revákné szerinti felosztás szerint (2012) a következők:

1. **Struktúramodellek:** Valamely természeti objektum, jelenség szerkezetének nagyított vagy kicsinyített másai. Formájukban és tartalmukban tükrözik a valóságot, méretükben azonban az eredeti szerkezet makroszkopikus vagy mikroszkopikus méreténél fogva eltérőek. Például virágmodell, domborzati modell, emberi torzó stb.
2. **Funkcionális modellek:** A természeti jelenségek, folyamatok összefüggéseinek megértését szolgáló modellek. Szerkezetükben gyakran alapvetően különböznek az

eredeti struktúrától, annak csak a működés szempontjából lényeges elemeit mutatják. Például Donders-modell a be- és kilégzés folyamatának szemléltetésére, szivacsból készült vulkánmodell, különböző méretű és formájú üvegedények a közlekedőedények törvényszerűségeinek szemléltetésére stb.

3. **Szimbolikus modellek:** Szavak és szimbólumok segítségével mutatják be a valós objektumot és azok összefüggéseit. Például rendszerábrák, folyamatábrák, tervrajzok, fogalmi térképek stb.
4. **Matematikai modellek:** Kvantitatív értékekre és értékelésre, valamint összefüggések leírására alkalmas modellek. Például képletek, egyenletek, grafikonok.
5. **Számítógépes modellek:** Valamely struktúrát, folyamatot, összefüggést, meglévő adatok alapján, elektronikus formában szemléltető modellek. Általában matematikai alapokon konstruálódnak és alkalmasak a szerkezet és működés összefüggéseinek egyidejű bemutatására. Kiválóan használhatók az anyagszerkezet, a molekuláris szintű folyamatok szemléltetésére csakúgy, mint az elvont, esetleg gigantikus méretű természeti jelenségek megjelenítésére (Huszi & Revákné, 2012).

A modellezés didaktikai funkciója az alkalmazás céljától függően kettős szerepet tölthet be. A tanítási óra egy adott fázisában a jelenség, folyamat szemléltetését, megértését szolgáló szemléltetési módszer. A természettudományos jelenségek bemutatásakor mindig törekednünk kell a valóság bemutatására. Ha erre nincs lehetőségünk, akkor alkalmazhatunk a jelenség szemléltetésére szolgáló más eszközt, illetve módszert is, mint például a modellezést. Különbséget kell tennünk az eszköz mint modell és a módszer mint modellezés között. A modell ugyanis csak egy eszköz abban a folyamatban, melynek célja egy szimbólumrendszer (modell) felhasználásával történő ismeretsajátítás (Huang et al., 2019, Maněnová & Chadimová, 2015).

Közel egy évszázaddal ezelőtt John Dewey azt mondta, hogy a leghatékonyabb oktatás a tapasztalatszerzés, hiszen a tanulás személyes tapasztalatokon és cselekvésen keresztül valósul meg. Az ezt követő közel egy évszázad oktatási kutatásai bebizonyították, hogy Dewey-nak igaza volt, és hogy az aktív tanulás és a tapasztalati tanulás rendkívül hatékony. Egyes tudományágak mindig is képesek voltak a tapasztalati oktatásra. Az olyan tudományágak, mint a környezettudományok, az elektrotechnika és más, természetüknél fogva gyakorlatias tudományágak alkalmasak az ilyen típusú tanításra és tanulásra. Más tudományágakban nehezebb a tapasztalati oktatásban való részvétel. Néhányban kihívást jelent a gyakorlati tapasztalatszerzés (pl. orvostudomány), másokban a tanulmányi tárgyak csak közvetítők és modellek segítségével érhetők el (pl. molekuláris biológia, elméleti fizika). A 3D technológia egyik legfontosabb jellemzője, hogy számos olyan tudományágban teszi lehetővé a tapasztalati tanítást és tanulást, ahol ez egyébként kihívást jelentene vagy lehetetlen lenne. A 3D technológia láthatóvá teheti a láthatatlant, elérhetővé a hozzáférhetetlent. A 3D technológia talán legegyszerűbb felhasználási módja a valós világban létező tárgyak és terek újrateremtése, de virtuális környezetben (Mező, 2015, Dewey, 2011).

A természettudományos oktatás régóta tankönyvek, előadások és laboratóriumi kísérletek segítségével tanítja a diákokat a természeti világra. A 3D modellezési technológia megjelenésével azonban a pedagógusok egy új, innovatív eszközzel élővé tehetik a tudományt a diákjaik számára. A 3D-modellezés a természettudományos oktatásban lehetővé teszi a diákok számára, hogy a tudományos fogalmakkal való interakciót még magával ragadóbb

módon valósítsák meg, ami segít nekik jobban megérteni az összetett fogalmakat és elméleteket (Alhonkoski et al., 2021).

Célkitűzés

A munka célja bemutatni azokat a lehetőségeket, eszközöket és módszereket, amelyekkel valós 3D-modelleket lehet létrehozni a biológia tantárgy oktatásához.

Eszközök és módszerek

A munka során összesen 394 fényképet készítettünk a kiválasztott lódarázs (*Vespa crabro*) körül több magasságban. A fényképeket egy Canon EOS 5D fényképezőgéppel készítettük a következő paraméterekkel: Full frame (35mm), CMOS, 13 MPx, JPEG/RAW, 4368 x 2912 pixel. Továbbá egy Canon EF 16-35mm f/2.8L II USM lensét, valamint 21MM és 13MM közgyűrű makró adaptereket használtunk.



1. ábra: A fényképezés eszközei
Forrás: A szerző archívuma

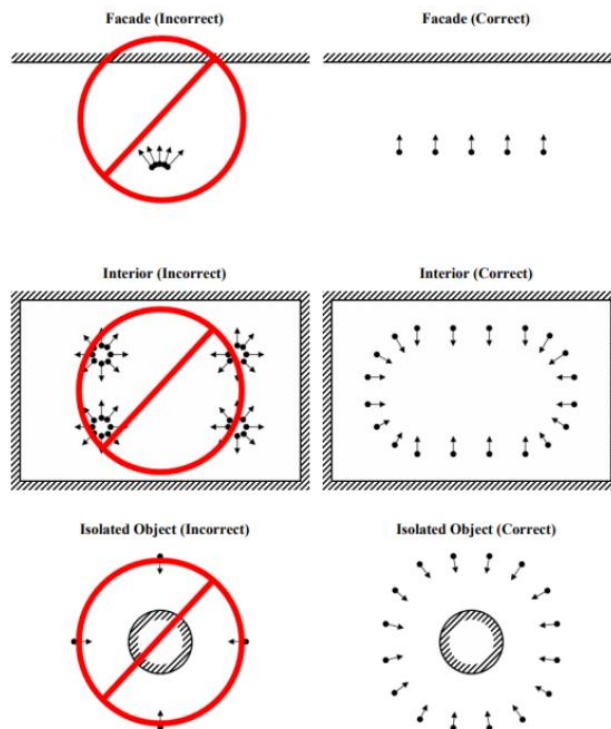
A fényképek elkészítéséhez a modellt egy forgóasztalra tűztük (2. ábra), hogy könnyedén, minden oldalról megfelelő számú és minőségű fényképet készíthessünk róla a forgóasztal forgatásával. A fényképek elkészítése során a kamera rögzítve volt. A központi tengely körül különböző színű és magasságú markereket helyeztünk el, hogy a szoftver könnyebben tudja értelmezni a preparátum forgásával történő elmozdulásokat.



2. ábra: Forgóasztal
Forrás: A szerző archívuma

A Pix4D szoftvert használtuk a 3D-modell elkészítéséhez. Ez egy professzionális fotogrammetriai szoftver, amellyel már korábban is pozitív eredményeket értünk el. A fényképeket a Selye János Egyetem Intelligens Robotikai Központjában dolgoztuk fel a következő hardverparaméterekkel:-CPU: Intel(R) Xeon(R) CPU E5-1650 v3 @ 3.50GHz-RAM: 32GB-GPU: 32GB: NVIDIA Quadro K4200 (meghajtó: 9.18.13.4121).

Mielőtt fényképezni kezdenénk, ki kell választanunk azt az objektumot, amit modellezni szeretnénk. Esetünkben ez egy lódarázs (*Vespa crabro*), amelyet korábban gyűjtöttünk be, majd preparáltuk és fixáltuk. Majd megtervezzük a fényképezés módját, mivel általánosságban elmondható, hogy jobb eredményeket érhetünk el akkor, ha egy kis időt fordítunk a tervezésre.

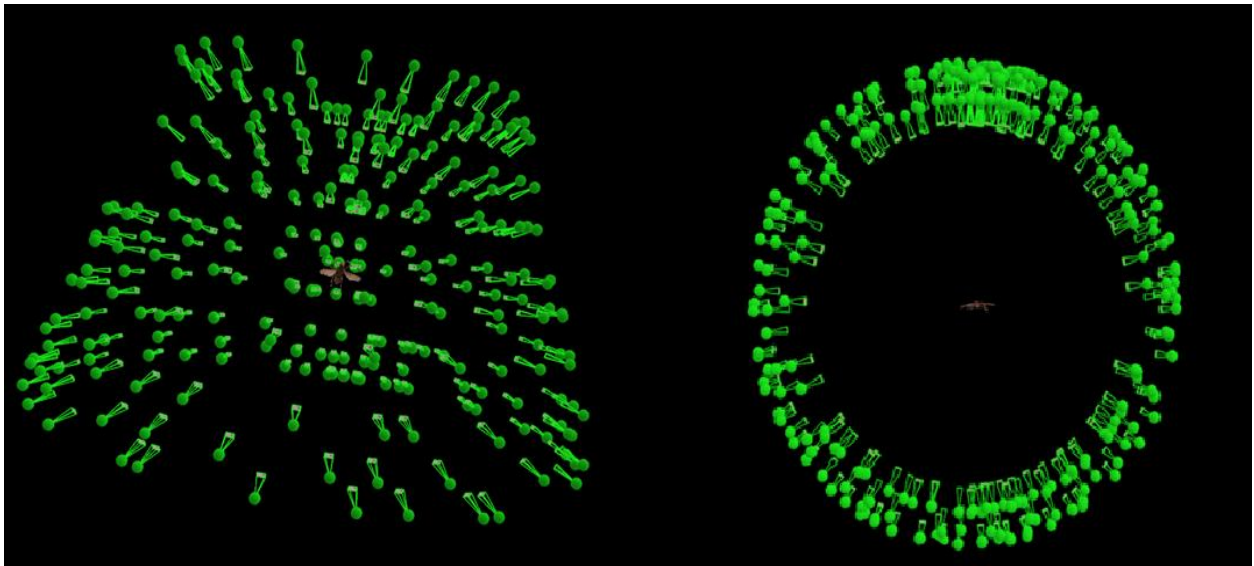


3. ábra: A megfelelő fényképezési mód (Agisoft, 2019)

A kiválasztott objektumról lehetőleg több síkban készítsünk képeket, lehetőleg 360 fokban. A fényképek elkészítése során ügyeljünk arra, hogy a több magassági síkban ismételjük meg a fényképezést, hogy a lehető legtöbb képet készítsük el, a jobb eredmény érdekében.

Eredmények

A fényképek számát pontosan meghatározni nem lehet, azonban elmondható, hogy jobb eredményeket kapunk, ha több képpel dolgozunk, viszont a tapasztalataink alapján a 250 kép feletti mennyiség szintén ronthatja az elkészült modell minőségét, hiszen a megemelt képek számával egyenesen arányosan nő a hibalehetőségek száma is. A képek megfelelő mennyisége mellett a tárgy elhelyezkedése is fontos. Törekedni kell arra, hogy a fényképeken az érdeklődésünk tárgya, jelen esetben a lódarázs, dominánsan szerepeljen, vagyis a kép lehető legnagyobb terét elfoglalja. Ugyanakkor ha a tárgy pár része néhány képen hiányzik vagy kilóg a képből, nem okoz gondot, ez a hiányosság nem befolyásolja az elkészült modell minőségét. Ahhoz, hogy megfelelő minőségű modell kapjunk, ügyelni kell az elkészült képek megfelelő átfedésére is. Ugyancsak kísérleteink alatt azt tapasztaltunk, hogy 50% és 70%-os átfedések a képek közötti jó minőségű képeket eredményeztek.



4. ábra: Kameraállás a kiválasztott tárgy körül
 Forrás: A szerző szerkesztése

A fényképek elkészítése után az elkészült képeket importálni kell egy számítógépre, majd pedig egy szoftver segítségével tudjuk elkészíteni a kiválasztott tárgy 3D mását. Ezt mi a Pix4D nevű szoftver segítségével valósítottuk meg. Egy új projekt indításával elkezdhetjük a modell készítését, ahol kiválasztjuk az összes fényképet, amelyeket készítettünk és segítségével megkezdhetjük a 3D-modell elkészítését.

A kamerák helyzete a 4. ábrán látható, ahol a kamerák előtti pontok az úgynevezett csúcspontokat jelölik. Ezek olyan pontok, amelyeket több képen is azonosítottak – például a csáp csúcsát. A 5. ábrán az automatikus kötésponthoz „Tie point” számát mutatjuk be. A kameramodell összes képére átlagolt automatikus kötésponthoz (ATP) pixelenkénti száma fekete és fehér színkóddal van jelölve. A fehér szín azt jelzi, hogy átlagosan több mint 16 ATP-pontot nyertünk ki az adott pixelhelyen. Fekete azt jelzi, hogy átlagosan 0 ATP-t vontak ki ezen a pixelhelyen. Ezért fontos, hogy a fehér terület lefedje az érdeklődési területet, ami ebben az esetben teljesül. Az ideális eset (de nem minden esetben) az, amikor a teljes négyzetterület fehér. A legrosszabb eset viszont az, amikor a négyzet területe teljesen fekete.



5. Ábra: automatikus kötésponthoz
 Forrás: A szerző szerkesztése

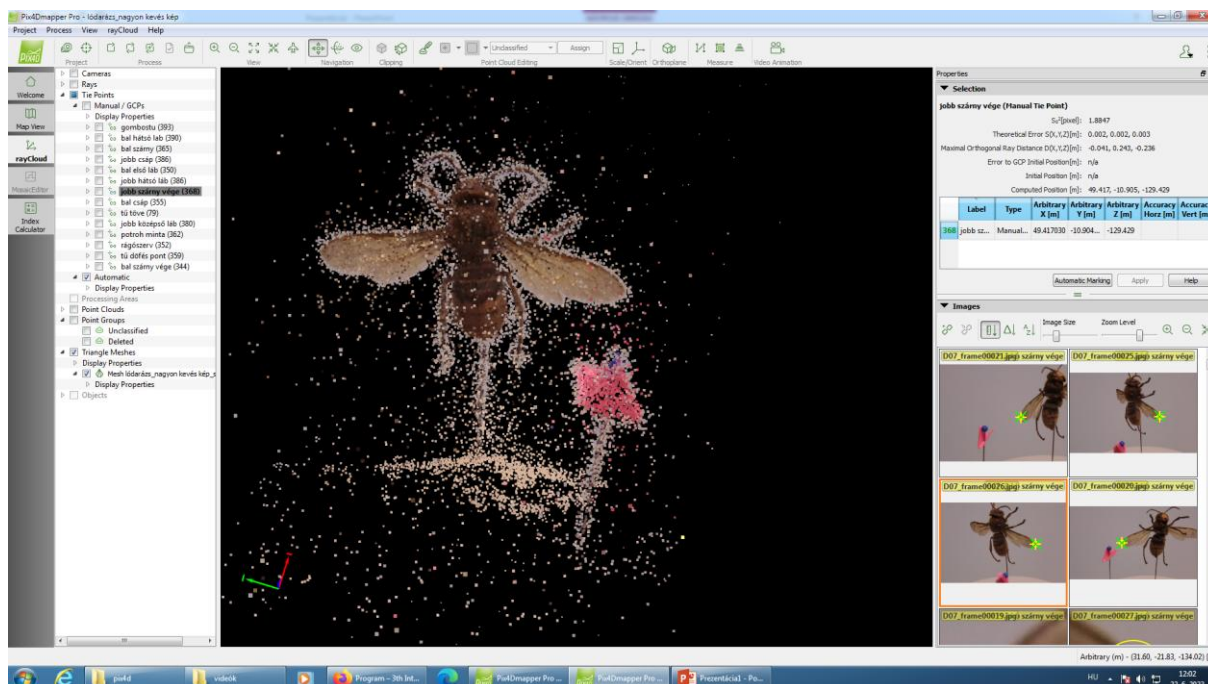
A 6. ábrán a lódarázs pontfelhője látható, valamint a közvetlen környezete. Világosan kivehető, hogy a kötésponatok és a pontfelhők nem egy és ugyanazok. Míg a kötőponatok nem hordoznak semmilyen információt egy pont helyzetéről a koordináta-rendszerben, a pontfelhők már igen.

Mivel ez egy ametrikus rendszer, szükség esetén ezeken a pontokon hossz-, terület- vagy térfogatmérések is végezhetők (Takáč et al. 2023). Már folynak kutatások annak kapcsán, hogy hogyan lehet ezeket a méréseket a lehető legpontosabban elérni.



6. ábra: Tie pontok
Forrás: A szerző szerkesztése

Az elkészült modellek korántsem tökéletesek és azonnal felhasználhatók. Utómunkák szükségesek, szinte minden esetben. A szoftver azonban lehetőséget nyújt az eszközei által, hogy a modellt javíthassuk. Az egyik ilyen lépés a manuális tie point-ok hozzárendelése (7. ábra). Ezt a lépést akkor alkalmazzuk, ha az elkészült képek mennyisége nem elegendő, vagy nem minden oldalról készültek képek a modellről, vagy az elkészült képek minősége nem megfelelő, így a pontok kézi hozzárendelése szükséges lehet. Esetünkben 14 ilyen manuálisan hozzárendelt tie poin volt szükséges ahhoz, hogy a lódarázs modellje elkészülhessen.



7. ábra: Tie point hazzárendelése
Forrás: A szerző szerkesztése

A végleges 3D-modell az 8. ábrán látható. Végző 3D-modellen megfigyelhetjük, hogy nem tökéletesen sima a felülete, hanem különösen a széleken tartalmaz zajt, amely a 3D-modellek készítésére jellemző tipikus hibaként van jelen. A következő lépésként el kell távolítani a felhőt, amely zavarólag hat a modellünk értelmezésére. Ezt a funkciót a szoftver biztosítja, és akkor vehetjük igénybe, amikor le kell vágni a felhő alakú felesleget a modelltől, vagy amikor el szeretnénk távolítani a felesleges háttér, környezetet. Ezeknek a hibáknak az előfordulási mechanizmusa sok tényezőtől függ, és minden esetben előfordul. Aprólékos és lassú munka ezen zavaró felesleg eltávolítása, hosszú órákat vesz igénybe, hiszen a modell részletességét szeretnénk megőrizni. Több esetben is előfordulhat, mint azt a 6. ábrán is megfigyelhetjük, hogy az elkészült modell szinte belesüllyed a körülötte található zajfelhőbe, így annak eltávolítása nem kis kihívást jelent. Viszont, ha odafigyelve és pontosan dolgoztunk, a végeredmény egy mozgatható 3D-modell lesz (8. ábra), amit felhasználhatunk a biológiaórákon, kiküszöbölve további állatok elpusztítását.



8. ábra: Az elkészült modell utómuka előtt és után
Forrás: A szerző szerkesztése

Természetesen a fotogrammetria nem kizárólag a biológia területén használatos, a kulturális örökségek megőrzésében is nagy szerepet kaphat (Takács et al. 2023), hiszen olyan, akár védelem alatt álló, nagy méretű építményeket is modellezhetünk, amelyek így megőrizhetővé válnak az elkövetkező korok számára, vagy egy esetleges rekonstrukció esetén kiindulási pontként szolgáltathatnak. Ugyanakkor felszíni bányák és más, nagy kiterjedésű terek modellezésére is alkalmas lehet az általunk is használt Pix4D fotogrammetriai szoftver.

Megvitatás

A természettudományos tantárgyakat elszigetelt tantárgyként ismerik. Pedig ez nem így van. A természettudományos tantárgyak népszerűsítése, vonzóvá tétele a tanulók számára pozitív hatással lehet a tanulók természettudományi érdeklődésének a felkeltésére. Több hazai és külföldi tapasztalat azt bizonyítja, hogy a felfedeztető oktatás módszere igazán hasznosnak bizonyult (Nagy, 2007). Modellek felhasználásával élményalapúvá válhat az oktatás (Nagy et al., 2021), hiszen a motiváció és a kreativitást kérdései (Puskás, 2017, 2019) is középpontba kerülnek.

A Selye János Egyetem Gazdaságtudományi és Informatikai Kara Informatika Tanszékének munkatársai modellezéssel is foglalkoznak. Ez a munka elsősorban épületek külső és belső architektúráját jelenítik meg 3D-ben (Czakóová & Takács, 2020; Fröhlich et al., 2016; Gubo et al., 2020; Takács, 2017, 2020; Takács & Végh 2021a, 2021b). Ezek a modellek felhasználhatók akár biológia tantárgy keretében is, de ezen felül még értékesebbek azok a tapasztalatok, melyek segítségével a biológiai objektumok modellezése tökéletesíthető (Takács & Végh, 2021a, 2021b, 2021c, Takács et al., 2023).

Tervezett további kutatásunk valószínűleg újszerűen hat majd, hiszen eddig 3D-modelleket az oktatásban elenyésző mértékben használtak. Az általunk előállítandó modellek közelebb hozhatják a diákok számára azt a világot és annak felépítését, amelyet nem mindennap látunk. Az oktatás online keretek közé szorulása esetén pedig gyakorlatilag egyedüli eszköz lehet arra, hogy a pedagógus helyettesítse a közös terepi vagy laboratóriumi bemutatót. Várható eredményeinket valószínűleg nem csupán az oktatás üdvözlőné, hiszen egy 3D-modell raktározása is sokkal könnyebb, így a szaktantermek és esetleg a múzeumok is felhasználhatják azokat. Természetesen a legnagyobb jelentőséggel az oktatásba történő beemelésük bírhat.

Összefoglalás

A 3D-s modellezési technológia átalakítja a természettudományos oktatást, és még vonzóbbá, interaktívabbá és dinamikusabbá teszi azt. A tudományos fogalmak vizualizálásával, a kísérletek szimulálásával, a tudományos adatok feltárásával, a valóság kiegészítésével és a kreativitás ösztönzésével a 3D-modellezés forradalmasítja a természet tanításának és megismerésének módját. Ahogy ez a technológia tovább fejlődik, a 3D-modellezés még izgalmasabb és innovatívabb felhasználására számíthatunk a természettudományos oktatásban. A 3D-modellezés használata a virtuális és a kiterjesztett valóságban forradalmasíthatja a természettudományos oktatást, mivel a tanulók számára magával ragadó, interaktív és személyre szabott tanulási élményt nyújt. Azáltal, hogy ezeket a technológiákat olyan szimulációk és vizualizációk létrehozására használják, amelyek életre keltik a tudományos fogalmakat, az oktatók olyan módon tudják bevonni a diákokat, ami a hagyományos oktatási

módszerekkel nem lehetséges, elősegítve a tudomány és a technológia jobb megértését és megbecsülését.

Felhasznált irodalom

Agisoft, (2019): Agisoft Metashape User Manual Agisoft, https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_2_0_en.pdf. (Letöltés dátuma: 2023.06.17.)

Alhonkoski, Mika – Salminen, Leena – Pakarinen, Anni – Veermans, Marjaana (2021): *3D technology to support teaching and learning in health care education – A scoping review*. International Journal of Educational Research, Vol. 105, 101699, ISSN 0883-0355.

Czakóová Krisztina – Takáč Ondrej (2020): *Tvorba realistického modelu v rámci obsahu predmetu stredoškolskej informatiky*. In: Proceedings of 33. DidMatTEech 2020 Conference: New methods and technologies in education, research and practice : New methods and technologies in education, research and practice. Budapest, Eötvös Loránd Tudományegyetem. ISBN 978-963-489-244-1.

Dewey, John (2011): *Experience and education*, url: <https://www.schoolofeducators.com/wp-content/uploads/2011/12/EXPERIENCE-EDUCATION-JOHN-DEWEY.pdf>, (Letöltés ideje: 2023.06.18.)

Fröhlich Róbert – Kató Zoltán – Gubo Štefan – Lévai Attila (2016): *3D-2D adatok fúziója kulturális örökségvédelmi alkalmazásban = 3D-2D Data Fusion in Cultural Heritage Applications*. ENELKO 2016. 17. Nemzetközi energetika-elektrotechnika konferencia: SzámOkt 2016 – 26. Nemzetközi számítástechnika és oktatás konferencia. Cluj-Napoca, EMT, ISSN 1842-4546.

Geda Gábor (2011): *Modellezés és szimuláció az oktatásban*, Kempelen Farkas Hallgatói Információs Központ, url: https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/8168/0038_informatika_Geda_Gabor-Modellezes_es_szimulacio_az_oktatasban.pdf?sequence=2&isAllowed=y, (Letöltés ideje: 2023.06.17.)

Gilbert, Steven W. – Ireton, Shirley Watt (2003): *Understanding Models in Earth and Space Science*. Arlington, VA: NSTA Press, ISBN 193515561X.

Gubo Štefan – Kmet' Tibor – Molnár András – Takáč Ondrej (2020): *A Multi-range Approach for Cultural Heritage Survey: A Case Study of a Medieval Church in Slovakia* / DOI 10.1109/SAMI48414.2020.9108724. IEEE 18th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics: proceedings. Danvers, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2020. SCOPUS. ISBN 978-1-7281-3149-8.

Huang, Tien-Chi – Chen, Mu-Yen – Lin, Chun-You (2019): *Exploring the behavioral patterns transformation of learners in different 3D modeling teaching strategies*, Computers in Human Behavior, Vol. 92, ISSN:0747-5632.

Husztai Anett – Revákné Markóczi Ibolya (2012): *A modellezés pedagógiája a természettudományos oktatásban*, Új Pedagógiai Szemle, 2012/4-6, url: https://folyoiratok.oh.gov.hu/sites/default/files/article_attachments/upsz_2012_4-6_17_0.pdf (Letöltés ideje: 2023.06.15.)

Kirkby, Michael John (1987): *Computer simulation in Physical geography*. Chischester: Wiley. ISBN 0471906042.

Makádi Mariann – Horváth Gergely – Farkas Bertalan Péter (2013): *Vizsgálati és bemutatási gyakorlatok a földrajztanításban*. Budapest: Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, url: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073_vizsgalati_bemutatasi_gyakorlatok_foldrajztanitasban/index.html (Letöltés ideje: 2023.06.20.)

Maněnová Martina – Chadimová Lenka (2015): *3D Models of Historical Objects in Teaching at the 1st Level of Primary School*, Procedia – Social and Behavioral Sciences, <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.198>.

Mező Katalni (2015): *Kreativitás és élménypedagógia*. Debrecen, Kocka Kör, ISBN 987-615-5267-07-9

Nagy Melinda – Dancsa Daniel – Poráčková Janka – Bernátová Renáta (2021): *Valós és virtuális interaktív modellek a biológia oktatásában*, ERUDITIO – EDUCATIO, Vol. 16, DOI:10.36007/eruedu.2021.4.5-17

Nagy József (2007): *Kompetencia alapú kritériumorientált pedagógia*. Szeged, Mozaik Kiadó, ISBN 9789636975418

Puskás Andrea (2017): *Motivational Strategies in English Teacher Training*. In: Zborník medzinárodnej vedeckej konferencie Univerzity J. Selyeho – 2017: „Hodnota, kvalita a konkurencieschopnosť – výzvy 21. storočia” – Sekcie pedagogických vied. Komárno, Univerzita J. Selyeho, 2017, CD-ROM. ISBN 978-80-8122-222-1.

Puskás Andrea (2019): *Higher education challenges: Improving cooperation and creativity by using drama techniques in EFL teacher training*. In: IMCIC 19: The 10th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics. Orlando, International Institute of Informatics and Systematics, 2019. ISBN 978-1-941763-97-1. SCOPUS.

Takáč Ondrej (2017): *Modellezés és szimuláció*. Komárno, Univerzita J. Selyeho, 2017. ISBN 978-80-8122-203-0

Takáč Ondrej (2020): *Možnosť implementácie ochrany kultúrneho dedičstva do vyučovania informatiky*. In: The Possibility of Implementing the Protection of Cultural Heritage in the Teaching of Informatics. Didinfo 2020: medzinárodná konferencia o vyučovaní informatiky: Medzinárodná konferencia o vyučovaní informatiky. Liberec, Technická univerzita v Liberci, 2020. ISBN 978-80-7494-532-8. ISSN 2454-051X, online.

Takáč Ondrej – Végh Ladislav (2021a): *Possibilities of Using Photogrammetry in the Teaching Process*. 2021. In: EDULEARN21: 13th International Conference on Education and New Learning Technologies. 5th–6th July, 2021. ISBN: 978-84-09-31267-2.

Takáč Ondrej – Végh Ladislav (2021b): *Usage of Uavs in the Protection of Cultural Heritage in the Teaching of Computer Science*. 2021. In: INTED2021: 15th International Technology, Education and Development Conference. 8th–9th March. ISBN: 978-84-09-27666-0.

Takáč Ondrej – Végh Ladsilav (2021c): *Possibilities of using photogrammetry in the teaching process*. EDULEARN21 Proceedings, ISSN: 2340-1117.

Takáč Ondrej – Annuš Norbert – Štempeľová Iveta – Dancsa Daniel (2023): *Building partial 3D models of cultural monuments*. International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches, Vol. 7., E-ISSN 2980-0811