

NATUURKUNDIGE VOORDRACHTEN 2023 - 2024

NIEUWE REEKS NO. 102



Jaarboek 2023 - 2024 van de
KONINKLIJKE MAATSCHAPPIJ
VOOR NATUURKUNDE
onder de zinspreuk
Diligentia

Beschermvrouwe

Hare Koninklijke Hoogheid
Prinses Beatrix der Nederlanden

Erelid

Prof. dr. P.J. (Peter) Sterk

Bestuurders

Prof. dr. J.M. (Jan) van Ruitenbeek, voorzitter
Dr. A.P. (Lex) Zandee, penningmeester
Prof. ir. P. (Peter) Hoogeboom, secretaris,
redactie jaarboek
Ing. A.J.G. (Tonny) Regensburg,
inschrijving nieuwe leden
Ir. S.A.J. (Bas) Buijs, contactpersoon
voortgezet onderwijs
Mr. J.W. (Jan) Andringa, juridische zaken
M. (Megan) Hulscher MSc
Prof. dr. ir. F.J. (Fons) Verbeek
D. (Dorine) Schenk MSc

DILIGENTIA • Lange Voorhout 5 • 's-Gravenhage
Opgericht 1793 • www.natuurwetenschappen-diligentia.nl

Inhoud

1. Artikelen behorende bij de lezingen

vakgebied*	datum	titel en spreker	pagina
		<u>VIERING 46E LUSTRUM</u>	
1.1	X 11/09/23	Kunst van wetenschap – onderzoek en intuïtie	5
		<u>KENNISMAKINGSLEZING</u>	
1.2	G 23/09/23	Dr. G. (Gilles) Erkens , Bodemdaling in de delta van de grote rivieren	11
		<u>REGULIERE LEZINGEN</u>	
1.3	N 02/10/23	Prof. dr. T.A. (Tristan) du Pree , Het Higgs-boson: voorspelling, ontdekking en toekomst	25
1.4	T 23/10/23	Prof. dr. ir. N. (Nele) Mentens , Databeveiliging in het <i>Internet of Things</i>	31
		<u>JONG DILIGENTIA LEZING</u>	
1.5	X 06/11/23	Prof. dr. R.C. (Remco) Veltkamp , Serious gaming	37
		<u>REGULIERE LEZINGEN</u>	
1.6	B 20/11/23	Prof. dr. ir. R.C.H. (Roel) Vermeulen , Het exposoom en gezondheid: waar chemie biologie ontmoet	43
1.7	G/T 04/12/23	Dr. A.H. (Arjan) Dijkstra , Zijn de grondstoffen voor de energietransitie schaars?	45
1.8	N 18/12/23	Prof. dr. D. (Detlef) Lohse , Vloeistofdynamica van cavitatiebellen en het lawaai in oceanen	51
1.9	S 15/01/24	Prof. dr. E. (Else) Starkenburg , Galactische archeologie: graven in het verre verleden van onze Melkweg	61
1.10	M 29/01/24	Prof. dr. H. (Haico) van Attikum , Reparatie van schade aan het DNA: wat betekent dat voor u?	63
1.11	C 12/02/24	Prof. dr. I.M.N. (Irene) Groot , Katalysatoren op atomaire schaal	71
1.12	M 26/02/24	Prof. dr. A.H.E.M. (Angela) Maas , Hormonen en hartziekten bij vrouwen	79
1.13	N 11/03/24	Prof. dr. S.J.J.M.F. (Servaas) Kokkelmans , Schaalbare kwantumcomputers met neutrale atomen	85
1.14	B 25/03/24	T.A. (Tara) Mahendrarajah MSc , Shedding light on life's deep evolutionary history	87
		<u>HET DILIGENTIA DEBAT</u>	
1.15	X 08/04/24	Prof. dr. E. (Erik) van Sebille en prof. dr. ing. M.G. (Martina) Vijver , Microplastics: verspreiding en risico's	97
		<u>DE NOBELPRIJS 2023 VOOR NATUURKUNDE VERKLAARD</u>	
1.16	N 22/04/24	Dr. S. (Stefan) Witte , De kortste lichtflitsen ooit gemaakt: attoseconde-fysica	107

*) voor aanduiding vakgebieden zie pagina 133

2. Uit de vereniging

2.1	Koninklijke Maatschappij voor Natuurkunde 'Diligentia'	115
2.2	Jaarverslag over het seizoen 2023-2024	119
2.3	Diligentiaprijs voor scholieren	123
2.4	Bestuursledenlijst van Diligentia	129
2.5	Alfabetisch register van de voordrachten in de seizoenen 1994-1995 t/m 2023-2024	133
2.6	Excursies en bedrijfsbezoeken	143

Colofon

144

1.5 Serious gaming

Prof. dr. R.C. (Remco) Veltkamp

Information and Computing Sciences
Universiteit Utrecht

<https://www.uu.nl/staff/rcveltkamp>

- Lezing gehouden voor de Koninklijke Maatschappij voor Natuurkunde 'Diligentia' te 's-Gravenhage op 6 november 2023.
- Een video-opname van de lezing is te zien op www.natuurwetenschappen-diligentia.nl.
- De JONG DILIGENTIA LEZING is primair bedoeld voor middelbare scholieren en dient om de interesse in bèta-vakken te bevorderen. Uiteraard zijn alle leden ook nadrukkelijk welkom.

Samenvatting van de lezing

'Serious games' worden niet alleen ingezet voor onderwijs en gezondheidszorg, maar ook voor (ecologische) bewustwording en burgerwetenschap (citizen science). Games zijn ontworpen ervaringen die bij uitstek geschikt zijn om te informeren, te motiveren, emoties op te roepen en gedrag te beïnvloeden. Games doen dat beter dan andere soorten media omdat ze inspelen op menselijke drang naar autonomie, competentie en sociale verbondenheid.

Een voorbeeld is de inzet van een game om data te verzamelen over muziek. Bijna iedereen heeft wel de ervaring dat bepaalde muziek je emotioneel raakt en dat je fragmenten van tientallen jaren geleden nog herkent. Waaraan herken je dat bekende nummer onmiddellijk? Om dat te achterhalen is de game 'Hooked!' ontwikkeld, een game met muziek uit de Top2000. Benieuwd naar de meest catchy tune in de Top2000?

Inleiding

Bij het Center for Game Research aan de Universiteit Utrecht (www.gameresearch.nl) wordt onderzoek gedaan naar allerlei aspecten van digitale games, met name op drie dimensies die in elk specifiek project gecombineerd kunnen worden. Ten eerste (in willekeurige volgorde) wordt op het gebied van gametechnologie onderzoek gedaan naar hoe games ontwikkeld worden. Dat gaat bijvoorbeeld om de software-ontwikkelomgeving voor het maken en testen van games, maar ook om technieken in de games, zoals animaties van gamekarakters, en om technieken voor interactie met spelers, zoals virtual reality (VR), of herkenning van hand- en oogbewegingen. Ten tweede op het gebied van gamestudies, het bestuderen van games als een culturele uiting (zoals film en toneel), en hoe overheden, organisaties en bedrijven games gebruiken in 'speelse communicatie'. Ten derde op het gebied van toepassingen: bijvoorbeeld games voor gezondheid, leren, duurzaamheid of vermaak (entertainment). Het Center for Game Research richt zich met name, maar niet uitsluitend, op die eerste drie. Games die gericht zijn op dat soort doelen, die niet louter voor de lol zijn, maar daarnaast ook een ander doel beogen, worden vaak 'serious games' genoemd. Op die term is veel kritiek, omdat het een contradictio in terminis lijkt: games zijn leuk, niet serieus. Toch is dit de langst gebruikte term, maar andere termen voor ongeveer hetzelfde soort games zijn 'applied games', 'games with a purpose' en 'games for good'.

Spel en spelen zijn belangrijk voor de ontwikkeling van kinderen. Onder andere voor chronisch zieke kinderen kan hun conditie een hinderpaal zijn voor een gezonde ontwikkeling, zowel mentaal als fysiek [1]. Spel en spelen vindt vaak plaats zonder veel regels en als tijdverdrijf. Een voorbeeld daarvan is een beetje balletje trappen op een veldje. Het woord 'game' daarentegen impliceert regels, een doel, een tijdsperiode en een omliggende omgeving.

Nogal verwarrend is de term 'gamification'. Dat betekent niet dat iets wordt omgezet in een game, maar

1.5 Serious gaming

dat game-elementen zoals (onverwachte) beloning worden ingezet in een niet-game-situatie. Bijvoorbeeld door automobilisten die niet te hard rijden, te laten delen in de opbrengst van de boetes aan automobilisten die bekeurd worden vanwege snelheidsovertreding. Dat verleidt automobilisten om zich aan de snelheidsbeperkingen te houden.

In de volgende secties wijden we uit over games en serious games, met ter illustratie een serious game voor het vergaren van wetenschappelijke gegevens om te bepalen welke muzikale kenmerken maken of een muzieknummer in je hoofd blijft zitten.

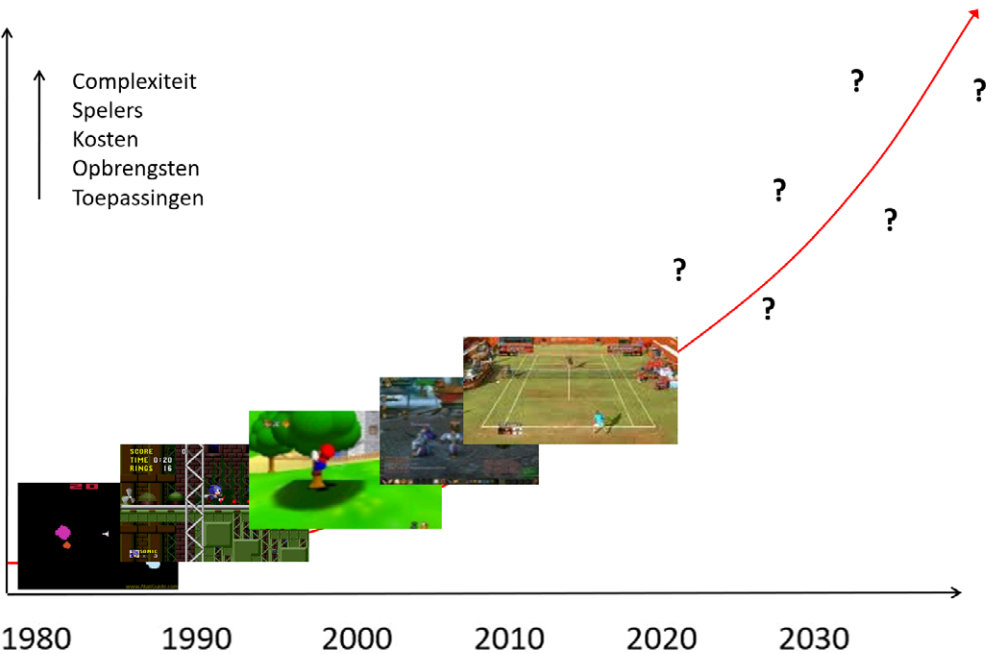
Een stukje geschiedenis van games

Mensen hebben altijd al games gespeeld, het is een onderdeel van de menselijke cultuur. Digitale games worden al gemaakt en gespeeld sinds de ontwikkeling van digitale computers, in de jaren veertig van de vorige eeuw. Sinds de jaren tachtig komen er simpele arcadegames, vaak gespeeld in hallen met arcadekasten. In de jaren negentig komen de eerste 3D-

games, met driedimensionale omgevingen. Vanaf de eeuwwisseling komen er grote verbeteringen in de graphics, de visuele afbeeldingen, en komen de eerste games die op het internet worden gespeeld. Vanaf 2010 komt er meer focus op artificial intelligence (AI) bij gamekarakters en op nieuwe vormen van controllers voor de interactie met games.

Er is een nauwe relatie tussen de historische ontwikkeling van digitale games en de ontwikkeling van AI vanaf de jaren veertig van de vorige eeuw. De grote sprong in AI sinds 2010 is de ontwikkeling van zogenaamde diepe neurale netwerken, mogelijk gemaakt door de krachtige reken capaciteit van de grafische chips die door de game-industrie zijn ontwikkeld. Die diepe neurale netwerken leiden sinds 2020 tot steeds meer AI-gegenereerde gameonderdelen, o.a. met taalmodellen zoals ChatGPT, Bard en LLaMA.

Door de jaren heen zijn steeds meer mensen games gaan spelen, is de complexiteit van games toegenomen, zijn de maakkosten en opbrengsten steeds gro-



Figuur 1: Exponentiële ontwikkeling van games in de tijd.

ter, en zijn er steeds meer toepassingen van games; zie figuur 1 ter illustratie van de explosieve groei. Naast entertainmentgames zijn er heel veel andere genres, zoals adver-games voor advertenties, excergames voor fysieke of mentale oefeningen, social games voor verbondenheid, en persuasieve games om gedrag te veranderen. En waar we mee begonnen in de inleiding: serious games.

Serious games

Games zijn ontworpen ervaringen. Ze bieden een veilige omgeving om in te experimenteren en fouten te maken, zonder ernstige gevolgen. Ze zijn ontworpen om in te spelen op motivatie, emotie en gedrag van de speler en die betrokken te houden. Het is een interactief medium, anders dan passieve media zoals tekst of video. Meer dan andere media zijn games daarom geschikt voor het overbrengen van kennis, het vergroten van bewustwording en het bereiken van gedragsverandering. Een bekende tegeltjeswijsheid lijkt hier van toepassing: “Tell me and I forget, show me and I may remember, involve me and I learn” (Vertel het me en ik vergeet, laat het me zien en ik zou het me kunnen herinneren, betrek me erbij en ik leer), wat aan verschillende historische personen wordt toegeschreven, van de Chinese wijsgeer Confucius tot de medestichter van de Verenigde Staten Benjamin Franklin.

Serious games appelleren aan fundamentele menselijke drijfveren zoals ongeduld, nieuwsgierigheid en gretigheid, en ze sturen op menselijk gedrag. Game-ontwerp heeft veel overlap met de toepassing van mensgerichte ontwerpprincipes [2]. Het idee van intrinsieke motivatoren, die gebaseerd zijn op intrinsieke en fundamentele menselijke drijfveren in tegenstelling tot externe beloningen, is de sleutel tot het begrijpen van de kracht van het toepassen van serious games. Vijf van zulke motivatoren zijn autonomie (‘ik heb controle’), meesterschap (‘ik verbeter’), doel (‘ik maak een verschil’), vooruitgang (‘ik bereik’) en sociale interactie (‘ik maak contact met anderen’) [3]. Serious games gebruiken dit soort drijfveren om spelers te motiveren om te leren, betrokken te houden om te oefenen, en gedrag positief te beïnvloeden voor bijvoorbeeld gezondheid en duurzaamheid.

Een type serious game dat niet gebonden is aan een specifiek toepassingsdomein is dat voor burgerwetenschap. Het belang van burgerwetenschap is dat veel mensen ingeschakeld worden om data te vergaren of om oplossingen te bedenken. Een voorbeeld van het vergaren van data door burgers is de jaarlijkse vogeltjestelling, bij mensen in de tuin. Die gegevens geven een indruk van de vogelstand door de jaren heen, data waar onderzoekers weer conclusies uit kunnen trekken. Een voorbeeld van een game die gebruikt wordt om oplossingen te vinden is Foldit [4], dat nog steeds een actieve schare spelers heeft [5]. In de game gebruiken de spelers hun inzicht in driedimensionale patronen om uit te vinden hoe reeksen moleculen zich tot eiwitstructuren opvouwen, iets wat een lastig probleem is om uit te rekenen, en wat pas recent met de AI van AlphaFold met veel succes wordt voorspeld [6]. De volgende sectie geeft een voorbeeld van burgerwetenschap waar met een serious game gegevens worden verzameld die nodig zijn om een bepaald probleem op te lossen: hoe kan je uitrekenen in hoeverre een muziekfragment eigenschappen heeft die maken dat het in je hoofd blijft zitten?

De serious game Hooked!

De game Hooked! [7] is ontworpen in het project COGITCH, waarin we onderzochten hoe je kan uitrekenen in hoeverre een muziekfragment eigenschappen heeft die maken dat het in je hoofd blijft zitten. COGITCH staat voor ‘cognitive itch’, oftewel cognitieve jeuk, een term die wordt gebruikt voor het verschijnsel dat muziek in je hoofd blijft zitten, ook ‘oorwurmen’ genoemd. In de game krijgt de speler een fragment muziek te horen (figuur 2) en wordt gevraagd of de speler dit fragment kent of niet. Bij ‘nee’ gaat het spel door naar het volgende fragment. Bij ‘ja’ gaat vervolgens het volume naar nul, terwijl de muziek een paar seconden doorspeelt, waarna het volume weer teruggaat naar het oude niveau. Soms gaat de muziek op de juiste plek door, maar soms ook op een eerder of later moment in het fragment. Door de speler te laten aangeven of de muziek wel of niet op het juiste moment doorgaat, testen we of de speler de muziek daadwerkelijk kent (ook al is er een kleine kans dat de speler gokt). Hoe sneller een frag-

ment wordt herkend, hoe beter het in het geheugen van de speler vastgehaakt zit. De snel herkende nummers worden vervolgens geanalyseerd op hun muzikale kenmerken. In de game zitten verschillende levels van moeilijkheid en een multi-player-modus. Zie <https://youtu.be/gLXdhouWQF8> voor een video-uitleg over hoe de game werkt.

In eerste instantie zijn de fragmenten genomen van nummers van de Top2000-lijst. Dat zijn nummers die veel mensen goed kennen, die zijn immers door luisteraars zelf in de Top2000-lijst gestemd. Tabel 1 geeft de tien nummers die het snelste werden herkend, met de gemiddelde reactietijd van de spelers. Wat opvalt is dat de meeste nummers veel herhalingen bevatten, waarschijnlijk de reden dat ze snel herkend worden. Een ander kenmerk van een ‘hook’ is juist een afwijkend moment, zoals in het nummer ‘Walking in Memphis’ van Marc Cohn (niet in deze top-tien).

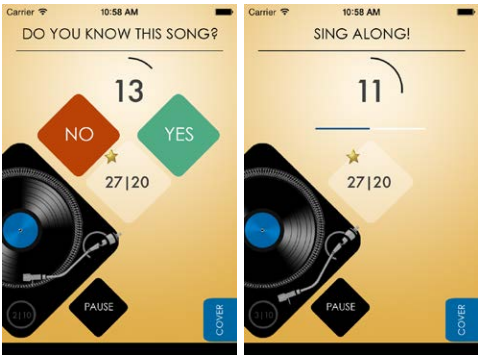
De game Hooked! trok veel media-aandacht [8], mede omdat hij met opzet is gelanceerd vlak voor de start van de uitzendingen van de Top2000. Hij trok ook de aandacht van het Manchester Science Festival. Met hen is afgesproken dat ze een eigen versie van de game mochten maken gebaseerd op de UK Music Charts, in ruil voor de data die de game verzamelde. Doordat de BBC er ook aandacht aan schonk, is hij wereldwijd (o.a. ook in Australië en Canada) circa 350.000 keer gespeeld [9], wat miljoenen meetgegevens opleverde. Met een statistische analyse is gekeken naar de correlatie tussen een groot aantal muzikale kenmerken (gebaseerd op toonhoogte,

energie, dynamiek, etc.), zie figuur 3 ter illustratie. Omdat dit is gebaseerd op door mensen aangeleverde data, kunnen we dit een cognitief model noemen.

Uitleiding

Na de inleiding en uitweiding over serious games, tot slot nog enkele observaties naar de uitgang van dit artikel. De enorme hoeveelheid verzamelde data zou nooit verkregen kunnen zijn als een aantal vrijwilligers via een saai webinterface naar de fragmenten zou luisteren. In plaats daarvan spreekt Hooked! de spelers aan op hun intrinsieke motivatie om de game te blijven spelen, gebaseerd op fundamentele menselijke drijfveren als autonomie, meesterschap, doel, vooruitgang en sociale interactie. Deze vorm van burgerwetenschap heeft miljoenen meetgegevens opgeleverd, wat heeft geleid tot een cognitief model van muzikale kenmerken die maken of een muzieknummer in je hoofd blijft zitten.

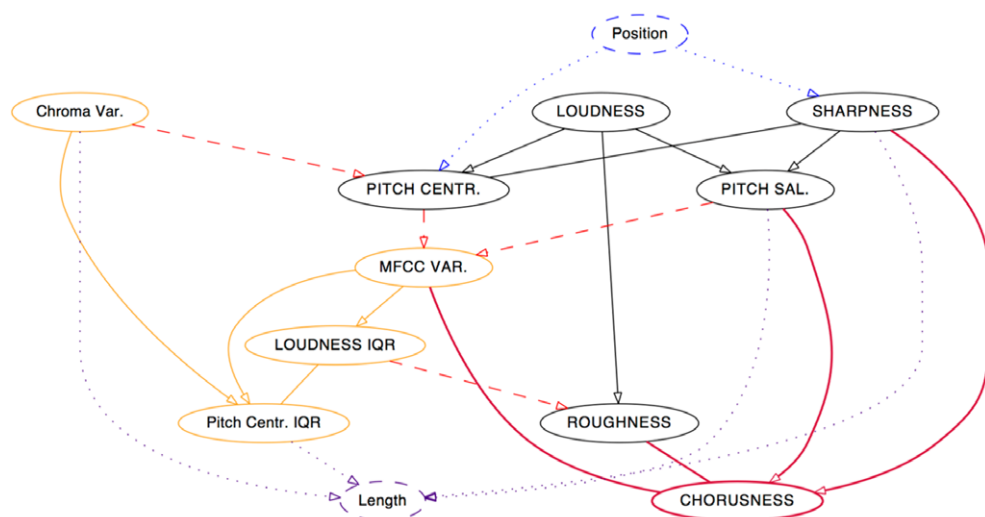
Behalve aan games voor burgerwetenschap werkt het Center for Game Research ook aan onderzoek naar games voor gezondheid [10], games voor leren [11] en games voor duurzaamheid [12]. Het Center for Game Research maakt deel uit van het ecosysteem van samenwerkende partijen rond gaming in de regio Utrecht, bestaande uit overheden (zoals de Regionale OntwikkelingsMaatschappij (ROM) Regio Utrecht, waarvoor gaming een speerpunt is), bedrijven (zoals in de incubator voor startende game-bedrijven Dutch Game Garden), kennisinstellingen (naast de Universiteit Utrecht heeft ook de Hoge-



Figuur 2: Screenshots van de serious game Hooked!

1.	Spice Girls	Wannabe	1,779 s
2.	Aretha Franklin	Think	1,854 s
3.	Queen	We Will Rock You	1,854 s
4.	Christina Aguilera	Beautiful	2,002 s
5.	Amy Macdonald	This Is The Life	2,010 s
6.	The Police	Message In A Bottle	2,084 s
7.	Bon Jovi	Its My Life	2,158 s
8.	Bee Gees	Stayin' Alive	2,162 s
9.	ABBA	Dancing Queen	2,168 s
10.	4 Non Blondes	Whats Up?	2,200 s

Tabel 1: Snelst herkende nummers en gemiddelde reactietijd in seconden.



Figuur 3: Visuele representatie van de correlaties tussen muzikale kenmerken die maken of een muzieknummer in je hoofd blijft zitten.

school voor de Kunsten Utrecht gameopleidingen), en opdrachtgevers in financiële en mediasectoren in de regio Utrecht (zoals banken, online webwinkels en tv-zenders). Dit ecosysteem aan de voet van de Utrechtse Heuvelrug wordt ook wel Game Valley Utrecht genoemd.

Referenties

1. S. Nijhof, C. Vinkers, S. van Geelen, S. Duijff, M. Achterberg, J. van der Net, R. Veltkamp, M. Grootenhuis, E. van de Putte, M. Hillegers, A. van der Brug, C. Wierenga, M. Benders, R. Engels, C. van der Ent, L. Vanderschuren, H. Lesscher, 2018, *Healthy play, better coping: the importance of play for the development of children in health and disease*, Neuroscience & Biobehavioral Reviews 95, 421-429, <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.09.024>.
2. Y.-k. Chou, 2014, *Actionable gamification: beyond points, badges, and leaderboards*, CreateSpace Independent Publishing Platform, <https://yukai-chou.com/gamification-book/>.
3. R. Paharia, 2013, *Loyalty 3.0: How to revolutionize customer and employee engagement with big data and gamification*, McGraw-Hill Education, <https://www.oreilly.com/library/view/loyalty-30-how/9780071813372/>.
4. S. Cooper, F. Khatib, A. Treuille, J. Barbero, J. Lee, M. Beenen, A. Leaver-Fay, D. Baker, Z. Popovic, and Foldit Players, 2010, *Predicting protein structures with a multiplayer online game*, Nature 466, 756–760, <https://doi.org/10.1038/nature09304>.
5. foldit, <https://fold.it/>.
6. AlphaFold Protein Structure Database, <https://alphafold.com/>.
7. A. Aljanaki, D. Bountouridis, J.A. Burgoyne, J. Van Balen, F. Wiering, H. Honing, R.C. Veltkamp, 2014, *Designing games with a purpose for data collection in music research. Emotify and Hooked: two case studies*; in: A. De Gloria (red). Games and Learning Alliance, GALA 2013, Lecture Notes in Computer Science, vol 8605, p 29-40, https://doi.org/10.1007/978-3-319-12157-4_3.
8. Remco C. Veltkamp in the media, <https://web-space.science.uu.nl/~veltk101/media/>.
9. N. Barlow, 2015, *Hooked on music returns to MOSI*, <https://aboutmanchester.co.uk/hooked-on-music-returns-to-mosi/>.
10. D. Alexandridis, S. Bakkes, S. Nijhof, E. van de Putte, R. Veltkamp, 2023, *First experiments with an applied gaming intervention for reducing loneliness of children with chronic illness: lessons learned*; in: FDG'23: The 18th International Conference on the Foundations of Digital Games, <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3582437.3582481>.

1.5 Serious gaming

11. B. Botte, S. Bakkes, R. Veltkamp, 2020, *Motivation in gamification: constructing a correlation between gamification achievements and self-determination theory*; in: I. Marfisi-Schottman, F. Bellotti, L. Hamon, R. Klemke (red). Games and Learning Alliance, GALA 2020, Lecture Notes in Computer Science, vol 12517, p 157–166, https://doi.org/10.1007/978-3-030-63464-3_15.
12. J.D. Fijnheer, H. van Oostendorp, G.-J. Giezeman, R. Veltkamp, 2021, *Competition in a household energy conservation game*. Sustainability, 13, 11991; special issue Serious gaming for sustainability – educational, policy, and research perspectives, <https://doi.org/10.3390/su132111991>.

- - -

Van deze lezing is een video-opname beschikbaar:



De QR-code brengt u direct naar het lezingenarchief op de Diligentia website. Druk op het blauwe woordje "video" om de weergave te starten.

Geen QR-scanner? Ga naar de website, menukeuze lezingenarchief en vul "Veltkamp" in op de zoekbalk.