

Władysław Błasiak
wblasiak@up.krakow.pl
Małgorzata Godlewska
malgodle@up.krakow.pl
Roman Rosiek
rosiek@up.krakow.pl
Instytut Fizyki
Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN
Kraków

Czy komputer pomaga w rozumieniu świata?

Komputery ułatwiają życie (prawie) we wszystkich dziedzinach naszej działalności. Usprawniają komunikację międzyludzką, sterują skomplikowaną aparaturą techniczną i pomiarową, ułatwiają dostęp do bibliotek oraz baz danych. Trudno wskazać dziedzinę życia, w której nie podjęto jeszcze próby ich wykorzystania.

Komputery wkroczyły także do różnych obszarów edukacji. Celem naszego artykułu jest zasygnalizowanie roli komputerów w ułatwianiu rozumienia świata. Cóż to jest rozumienie świata? Czym dla nas jest rozumienie? Ponieważ jesteśmy przyrodnikami, zawężymy odpowiedź do obszaru rozumienia w naukach przyrodniczych. Sądzimy jednak, że w naukach pedagogicznych jest podobnie.

Co to znaczy rozumieć przyrodę?

*Nikt nie rozumie świata, w którym żyje,
ale jedni są w tym lepsi od innych.*

Richard Feynman

Istota rozumienia przyrody sprowadza się do umiejętności **opisu** oraz umiejętności **wyjaśnienia** rzeczywistości przyrodniczej.

Pierwszym etapem poznawania przyrody jest **opisywanie**. Opis sprowadza się do szukania odpowiedzi na pytania typu **jak jest?** lub **w jaki sposób coś się dzieje?** Opisując przyrodę odwołujemy się do wyników obserwacji lub wyników odpowiednich eksperymentów poznawczych.

Opisywanie przyrody wymaga umiejętności odróżniania istotnych cech obiektów i zjawisk od tych, które nie są istotne. Trafny wybór odpowiednich parametrów następuje wiele trudności, nie tylko humanistom, ale także przyrodnikom.

Drugi etap poznawania przyrody to **wyjaśnienie**. Jest ono najczęściej odpowiedzią na pytanie typu **dlaczego tak jest?** Wyjaśnienie wymaga wiedzy na temat praw przyrody związanych z istotą postawionego pytania.

Wyjaśnianie jest znacznie trudniejsze od opisywania. Wymaga konstruowania modeli rzeczywistości opartych na uniwersalnych prawach przyrody. Do takich można zaliczyć

np. mikroskopowy model budowy materii, model układu planetarnego, model centralnego układu nerwowego, działanie ludzkiego serca, oka itp.

Wyjaśnianie nie jest nigdy ani pełne, ani ostateczne. Historia nauk przyrodniczych uczy, że zawsze można wyjaśnić coś głębiej, wszechstronniej, pełniej. Wskazanie przyczyny wywołuje chęć szukania kolejnej przyczyny ciągu zdarzeń. Stare, proste modele zastępowane są nowymi, bardziej doskonałymi. Każdy stary model można zastąpić lepszym, nowym modelem. Co to znaczy, że model jest lepszy? Kiedy jedno wyjaśnienie jest lepsze od drugiego? W naukach przyrodniczych kryterium jest proste. Lepsze są te modele, które dają wyniki bardziej zgodne z faktami doświadczalnymi.

Opisywanie przyrody związane jest najczęściej z obserwacją i eksperymentem, a wyjaśnianie z budowaniem modeli rzeczywistości przyrodniczej. To rozróżnienie nie jest jednak ostre, ponieważ obserwacje i eksperymenty bazują na naszych wyobrażeniach (modelach) o świecie realnym, a te wywierają wpływ na planowanie, przeprowadzanie i interpretację wyników kolejnych obserwacji i eksperymentów.

Najwyższym „stopniem wtajemniczenia” przyrodnika, **nagrodą za rozumienie**, jest **umiejętność przewidywania** przebiegu zjawisk przyrodniczych.

Staramy się coraz głębiej poznawać uniwersalne prawa przyrody, bo mamy nadzieję, że pozwoli to nam na bardziej precyzyjne przewidywanie zjawisk atmosferycznych, ruchów skorupy ziemskiej, skutków działalności przemysłowej, efektów leczenia groźnych chorób, zachowań istot żywych i wielu innych czynników ważnych dla życia na Ziemi.

Przewidywanie efektów ludzkich działań jest najważniejszym zadaniem nie tylko nauk przyrodniczych, ale także medycznych, technicznych, pedagogicznych i innych. Droga do przewidywania i skutecznego planowania działań edukacyjnych prowadzi poprzez trudniejszego zrozumienia mechanizmów uczenia się i nauczania. Rola komputerów w tym zakresie wydaje się być nie do przecenienia. Możliwości konstruowania komputerowych modeli rzeczywistości szkolnej są bardzo bogate. Metodą symulacji komputerowych można modelować i badać strategie zachowania uczniów, poszukiwać optymalnych strategii uczenia się oraz rozpoznawać mechanizmy propagacji błędów. Każdy z tych modeli może oczywiście być wzbogacany, ale także powinien być weryfikowany wynikami badań empirycznych.

Niżej prezentujemy dwa przykłady prób modelowania współdziałania istot żywych, modele współdziałania oraz model konfliktów.

Modele współdziałania

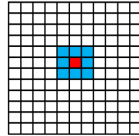
1. Turnieje Axelroda

W przypadku prób przewidywania zachowań bardzo złożonych, wieloparametrowych układów rzeczywistych, mamy kłopot z analitycznym opisem oddziaływań, ale przychodzą nam z pomocą symulacje komputerowe. Aby pokazać ich przydatność, zaprezentujemy przykład symulacji zachowań uczącego się układu, zwanej często grą w „dylemat więźnia”.

Wyobraźmy sobie, że chcemy lepiej zrozumieć dynamikę społeczną konkurujących ze sobą osobników (nauczycieli, uczniów, dyrektorów szkół). Załóżmy, że każdy uczestnik gry może współpracować z innym uczestnikiem lub odmówić takiej współpracy. W przypadku obustronnej współpracy zyski są zawsze wyższe niż kara za obopólne

odmówienie współpracy (zdradę). Za jednostronną zdradę zyski są zawsze najwyższe (sami nie inwestujemy energii, a zyskujemy ją od partnera).

W komputerowych symulacjach współdziałania konkurujących osobników testuje się różnorakie strategie uczenia się. Jedną z najprostszych jest „struktura płaska” zakładająca, że każdy uczestnik wirtualnej rzeczywistości (kolor czerwony) kontaktuje się z ośmioma najbliższymi partnerami (kolor niebieski) i dokonuje z nimi jednego aktu oddziaływania (współpracuje lub zdradza) zgodnie z zadanymi wcześniej regułami (rys. 1).



Rys. 1. Model współpracy z najbliższym otoczeniem

Po kontaktach ze wszystkimi sąsiadami przyjmuje strategię tego sąsiada, któremu najlepiej się powiodło (który zdobył w rozgrywkach ze swoimi sąsiadami najwięcej punktów). W ten sposób układ ewoluuje, a my mamy możliwość podglądania i uczenia się od tego wirtualnego świata.

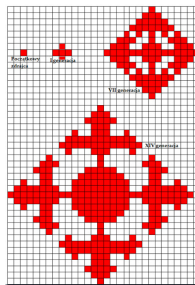
Życie jest oczywiście znacznie bardziej skomplikowane niż nasza gra. Opisana wyżej strategia może być jednak modyfikowana. Robert Axelrod z Uniwersytetu Michigan zainicjował szereg prac nad symulacjami ewolucji współpracy. W licznych komputerowych turniejach badano przydatność takich strategii, jak: WZW (wet za wet), WWZW, (wspañiałomyślna wet za wet), WZDW (wet za dwa wety), czy „Pawłow”.

WZW bazuje na czystej zasadzie wzajemności. Każdy gracz w pierwszym kontakcie z sąsiadem kooperuje, a następnie robi to samo, co jego partner w poprzednim spotkaniu.

WWZW pozwala na to, by niewielka część zdrad partnera przechodziła bezkarnie.

WZDW to strategia wymyślona przez Maynarda Smitha, jednego z najwybitniejszych współczesnych teoretyków ewolucjonizmu, w której osoba bierze odwet po dwóch kolejnych zdradach.

„Pawłow” to strategia, która każe robić to samo, jeśli wygramy (jesteśmy liderem w stosunku do najbliższego otoczenia) i zmienić postępowanie, jeśli nam się nie powiodło.



Rys. 2. Ewolujący kształt kolonii zdradców (czerwone pola) w strategii WZW (wet za wet)
[Ball, 2005]

W komputerowych turniejach Axelroda triumfy święciła strategia WZW, a np. strategia WZDW plasowała się na dalekich miejscach. Końcowy wynik serii symulacji zależy oczywiście od warunków początkowych oraz od wartości tabeli wypłat.

Na rys. 2 pokazujemy za Philipem Ballem [Ball, 2005], w jaki sposób następuje ewolucja osobników odmawiających współpracy (egoistów) w strategii WZW dla ustalonych wartości wypłat. Podobne symulacje prowadziliśmy w Zakładzie Dydaktyki Fizyki już pod koniec lat 90. [Misiak, 1997].

Model konfliktów

Załóżmy, że mamy w dużym zespole N uczniów (lub N pracowników w instytucie) [Turski, Tatarkiewicz, 1990]. Każdy z nich może „oddziaływać” z $(N-1)$ partnerami. Liczba wszystkich możliwych zagrożeń personalnych jest równa $N(N-1)$. Często dzieli się duży zespół na kilkuosobowe grupy (w instytucie powołuje się do życia zakłady lub katedry). Przyczynia się to do zmniejszenia konfliktów w grupie, ale równocześnie do powstania nowych konfliktów między grupami. Jaka powinna być liczebność grupy uczniów (pracowników), aby całkowita liczba konfliktów była minimalna?

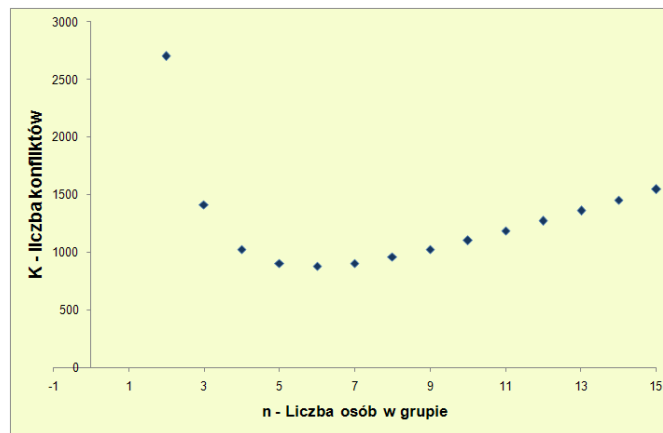
Jeśli założyć, że grupy są równoliczne i liczba osób w grupie jest równa n , wówczas liczba wszystkich grup wyniesie (N/n) .

Liczba możliwych konfliktów osobowych w obrębie grupy wynosi $(N/n)(n)(n-1)$, liczba konfliktów między grupami zaś jest równa $[(N/n)][(N/n)-1]$.

Liczba wszystkich konfliktów wyniesie więc:

$$K = (N/n) n(n-1) + (N/n)[(N/n)-1] \approx (N/n)n^2 + (N/n)^2.$$

Zależność liczby możliwych konfliktów K od liczby osób n w zespole, dla $N = 100$ pracowników instytutu, przedstawia rysunek 3.



Rys. 3. Zależność liczby potencjalnych konfliktów K od liczby osób n w grupie (dla $N = 100$)

Przyrównując pierwszą pochodną konfliktów po liczbie osób w grupie do zera ($dK/dn = 0$), łatwo pokazać, że minimum liczby konfliktów zachodzi dla $n_{\min} = (2N)^{1/3}$. Dla $N = 100$ daje to wartość $n \approx 6$.

Literatura

Axelrod R.: *The Evolution of Cooperation* (Revised ed.). Perseus Books Group 2006

Ball P.: *Masa krytyczna*. Wydawnictwo Insignis, Kraków 2005

Błasiak W.: *Wybrane zagadnienia dydaktyki przedmiotów przyrodniczych* [maszynopis]

Misiak P.: *Eksperymenty rzeczywiste i ich symulacje komputerowe*. Praca magisterska wykonana pod kierunkiem dr. hab. Władysława Błasiaka, Instytut Fizyki, Akademia Pedagogiczna, Kraków 1997

Turski Ł., Tatkiewicz J.: *Czy fizyka może być społecznie użyteczna*. „Wiedza i Życie” 1990, nr 1-2