

ANNA KOZANECKA-DYMEK

GENEZA NIEKTÓRYCH SYSTEMÓW LOGIKI TEMPORALNEJ

Logika temporalna jest logiką nieklasyczną. Pierwsze systemy logik nieklasycznych pojawiły się w 1920 r., kiedy to niezależnie od siebie J. Łukasiewicz i E. Post skonstruowali wielowartościowe rachunki logiczne. Logiki nieklasyczne zaczęły być jednak powszechnie konstruowane dopiero od lat pięćdziesiątych XX wieku. Przyczyny powstawania konkretnych systemów logik nieklasycznych były różnorodne. Inspiracje prowadzące do ich budowy były różnej natury: językowej, filozoficznej, logicznej, metodologicznej (różne były również cele, w jakich budowano takie systemy). Systemy logik nieklasycznych są głównie próbą „poprawienia”, czyli zawężania bądź rozbudowania, klasycznego rachunku logicznego (zwłaszcza klasycznego rachunku zdań). Próby te były realizowane na różne sposoby, czego rezultatem jest duża liczba różnorodnych logik nieklasycznych. Za S. Haack¹ wyróżnić można tzw. rachunki zdaniowe dewiacyjne² (m.in. systemy wielowartościowe, logika intuicjonistyczna, logiki parakonsystentne), rozszerzenia klasycznego rachunku zdań³ (m.in. logika modalna, logika deontyczna, logika zmiany,

Dr ANNA KOZANECKA-DYMEK – Katedra Logiki, Wydział Filozofii, Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II; adres do korespondencji: Al. Raławickie 14, 20-950 Lublin, e-mail: akozdym@kul.lublin.pl

¹ Por. S. Haack, *Philosophy of Logic*, Cambridge 1978, s. 152-156.

² Rachunki zdaniowe dewiacyjne są to rachunki sformułowane w języku klasycznego rachunku zdań, ale posiadające inny, niż ten rachunek, zestaw praw lub poprawnych inferencji. Przyjmuje się takie aksjomaty, z których nie można wyprowadzić wszystkich klasycznych twierdzeń logicznych, co prowadzi do ograniczenia logiki klasycznej.

³ Rozszerzenia klasycznego rachunku zdań to rachunki sformułowane w języku będącym rozszerzeniem języka klasycznego rachunku zdań, tzn. takie rachunki, na których gruncie oprócz funkcyj prawdziwościowych występują także inne funkcyj zdaniotwórcze od argumentów zdaniowych (tzw. funkcyj nieekstensjonalne), niedefiniowalne za pomocą funkcyj prawdzi-

logika przyczynowości, logika epistemiczna, logika temporalna) oraz rachunki zdaniowe będące zarówno dewiacją jak i rozszerzeniem klasycznego rachunku zdań⁴ (m.in. logika kierunkowa L. S. Rogowskiego, logiki relewantne, logiki multi-modalne)⁵.

Logika temporalna należy do logik nieklasycznych będących rozszerzeniem klasycznego rachunku zdań. Na jej gruncie oprócz funktorów prawdziwościowych występują także charakterystyczne dla niej funktory intensjonalne (funktory czasowe). W logice temporalnej obowiązują te same prawa, co na gruncie klasycznego rachunku zdań, ale wprowadza ona dodatkowe prawa i reguły rządzące poprawnym użyciem nowych funktorów.

Kwestia formalnego ujęcia czasu i zwrotów z nim związanych interesowała filozofów już w starożytności i w średniowieczu. Zagadnienie to było jednak traktowane marginalnie, a wraz z renesansowym upadkiem logiki formalnej poszło w zapomnienie. Dopiero pod koniec pierwszej połowy ubiegłego stulecia ponownie zainteresowano się problematyką czasu w aspekcie formalnym. W literaturze logicznej pojawiły się wówczas prace, w których przedstawiano konstrukcje zwane systemami logiki temporalnej.

Obecnie mianem logiki temporalnej określane są m.in.: logika czasów gramatycznych – *tense logic* (której prekursorem jest A. N. Prior), systemy logiki temporalnej G. H. von Wrighta, logika czasu fizykalnego N. Reschera i A. Urquharta (zawierająca zmienną czasową), systemy logiki czasu interwałowego (np. systemy J. van Benthema), logiki temporalne budowane w różnych wersjach języków hybrydowych (np. systemy C. Arecesa) oraz systemy temporalne wykorzystujące pojęcie czasu w programach komputerowych⁶. Wymienione logiki są od siebie niezależne (różnią się między sobą

wościowych. Na gruncie tych systemów obowiązują prawa klasycznego rachunku zdań oraz dodatkowe prawa i reguły rządzące poprawnym użyciem nowych funktorów. Logiki nieklasyczne będące rozszerzeniem klasycznego rachunku zdań nazywane są często logikami filozoficznymi (głównie w literaturze anglojęzycznej), gdyż wiele z nich powstało z inspiracji filozofii nauki.

⁴ Rachunki zdaniowe będące zarówno dewiacją, jak i rozszerzeniem klasycznego rachunku zdań sformułowane są w języku będącym rozszerzeniem języka klasycznego rachunku zdań oraz posiadają inny zestaw praw lub poprawnych inferencji niż rachunek klasyczny.

⁵ Obok wyżej wymienionych, najważniejszych strategii, prowadzących do uzgodnienia języka rachunku logicznego i języka wnioskowań w języku potocznym, istnieją także inne, m.in. strategia wytyczania logicznego oddziaływania, strategia parafrazowania niektórych zdań języka potocznego występujących we wnioskowaniu lub strategia semantycznej innowacji (interpretacja semantyczna symboli języka formalnego odbiega od standardowej). Strategie te można także ze sobą łączyć.

⁶ Zob. R. K l i m e k, *Wprowadzenie do logiki temporalnej*, Kraków 1999.

występującymi na ich gruncie specyficznymi funktorami temporalnymi), posiadają jednak wspólną własność: formalizują (na różne sposoby) niektóre wyrażenia czasowe⁷. Rozważania zawarte w niniejszym artykule dotyczyć będą zwłaszcza systemów logiki czasów gramatycznych oraz logiki czasu fizycznego i systemów logiki temporalnej von Wrighta.

Badania dotyczące logiki temporalnej często dotyczą jej strony formalnej, rzadko koncentrując się na innych zagadnieniach z nią związanych. Dlatego, w celu wypełnienia pewnej luki – w wiedzy dotyczącej systemów temporalnych – intencją niniejszego artykułu jest odpowiedź na pytanie o genezę, czyli zespół uwarunkowań i przyczyn konstruowania systemów logiki temporalnej. Częściową odpowiedź na to pytanie znaleźć można np. w pracach R. P. McArthura *Tense Logic* oraz S. Kiczuka *Zagadnienie konstruowalności logiki zdań czasowych*. Systemom temporalnym można także stawiać pewne zadania, o czym również wspomni się w niniejszym artykule.

*

Jak już wspomniano, źródeł logiki temporalnej szukać można w starożytności⁸. Zagadnienie formalnego ujęcia czasu nurtowało filozofów już w czasach antycznych (Szkoła Megarejska, stoicy, Arystoteles) i w średniowieczu (filozofowie arabscy, niektórzy scholastycy). W starożytności zajmowano się wyrażeniami czasowymi, gdyż zdawano sobie sprawę, że zdanie w jednym czasie prawdziwe może w innym czasie być fałszywe, i odwrotnie, np. zdanie „Sokrates biegnie”. Logicy średniowieczni, którzy traktowali logikę jako analizę formalnych własności języka naturalnego, podjęli badania nad formalnymi własnościami symboli językowych dotyczących czasu gramatycznego. Zagadnienie to było jednak dość długo traktowane marginesowo, a wraz z renesansowym upadkiem logiki formalnej poszło całkowicie w niepamięć. Natomiast po czasach Renesansu logicy ogłosili, że zadaniem czasownika w zdaniu jest tylko wyrażanie relacji między dwoma nazwami. Właściwości czasowe wiąźali z podmiotem lub orzecznikiem zdania⁹. Dopiero w XIX wieku J. S. Mill podkreślił, że czasy gramatyczne dotyczą czasownika w zdaniu. Swojego twierdzenia nie opracował jednak

⁷ Próba usystematyzowania systemów logiki temporalnej została podjęta w: A. K o z a n e c - k a, *O rodzajach logik temporalnych*, „Roczniki Filozoficzne” 55 (2007), nr 1, s. 189-199.

⁸ Logika temporalna wywodzi się z logiki modalnej, której korzenie sięgają do czasów antycznych.

⁹ Por. A. N. P r i o r, *Time and Modality*, Oxford 1957, s. 107-108.

szczegółowo. Powszechnie wówczas uważano, że czas jest zagadnieniem pozalogicznym i nie zajmowano się nim (w wieku XIX zaniedbanie to było po części usprawiedliwione, gdyż logikę konstruowano wtedy głównie dla potrzeb matematyki, której przedmiot abstrahuje od czasu). C. S. Peirce uważał natomiast, że modyfikacje czasowe wprowadzone do logiki w ówczesnym stadium jej rozwoju spowodują tam wielki zamęt¹⁰.

Odrodzenie zainteresowań problematyką czasu w aspekcie logicznym nastąpiło dopiero pod koniec pierwszej połowy ubiegłego stulecia.

N. Rescher¹¹ dopatrywał się trzech źródeł tego odrodzenia¹²:

1. Studia nad materiałem historycznym (głównie logiką stoików i logiką średniowieczną);

2. Logiczna analiza czasów gramatycznych dokonana przez H. Reichenbacha¹³;

3. Próby stworzenia przez J. Łosia formalnego systemu logiki temporalnej¹⁴.

Istniały również pewne koncepcje ontologiczne, które także, w pewnym stopniu, pociągnęły za sobą odrodzenie zainteresowań kwestią czasu w aspekcie logicznym – przede wszystkim teorie J. M. E. McTaggarta oraz C. D. Broada, J. N. Findlaya i J. J. C. Smarta¹⁵. Warto przez chwilę zatrzymać się przy tych koncepcjach.

Wymienieni autorzy, których można uważać za prekursorów logiki zdań czasowych, starali się odpowiedzieć na pytanie, jaka jest natura czasu i zdarzeń. Teorią ontologiczną, która wywarła wpływ na rozwój logiki temporalnej jest niewątpliwie teoria *A-ciągu* i *B-ciągu* czasowego, którą w 1908 r. na łamach czasopisma „Mind” opublikował McTaggart¹⁶. McTaggart przyjął następujące założenie: istnieją dwa sposoby uporządkowania momentów czasowych:

a) momenty uporządkowane przez relację przeszłość–teraźniejszość–przyszłość (*past, present, future*) tworzą tzw. *A-ciąg*: każdy moment czasu jest albo przeszły, albo teraźniejszy, albo przyszły,

¹⁰ Por. S. K i c z u k, *Zagadnienie konstruowalności logiki zdań czasowych*, „Roczniki Filozoficzne” 28 (1980), z. 1, s. 154.

¹¹ Por. N. R e s c h e r, A. U r q u h a r t, *Temporal Logic*, New York 1971, s. 12.

¹² Por. J. W a j s z c z y k, *Logika a czas i zmiana*, Olsztyn 1995, s. 7-8.

¹³ Zob. H. R e i c h e n b a c h, *Elements of symbolic logics*, New York 1947.

¹⁴ Zob. J. Ł o ś, *Analiza metodologiczna kanonów Milla*, „Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska” 2 (1947), z. 5, s. 279 – 281.

¹⁵ Por. A. N. P r i o r, *Past, Present and Future*, Oxford 1967, s. 1-19.

¹⁶ Zob. J. M. E. M c T a g g a r t, *The unreality of time*, „Mind” 187 (1908), s. 457-474.

b) momenty uporządkowane przez relację: wcześniej–później (*earlier, later*) tworzą tzw. *B-ciąg*: każdy moment czasu jest wcześniejszy lub późniejszy niż jakiś inny moment czasu.

W A-ciągu czasowym momenty czasowe przebiegają od dalekiej przeszłości przez bliską przeszłość do teraźniejszości, a następnie przez bliską przyszłość do dalekiej przyszłości. Wszystkie momenty teraźniejsze i przyszłe staną się przeszłe (miejsce momentu w A-ciągu ulega zmianom). W B-ciągu czasowym momenty przebiegają (są uporządkowane) od wcześniejszych do późniejszych (miejsce momentu w B-ciągu jest niezmienne).

Polemikę z McTaggartem prowadzili Broad, Findlay i Smart. Findlay, chcąc uporządkować i usystematyzować dyskusje dotyczące formalnego ujęcia czasu, stworzył tzw. *rachunek czasu* (*tense calculus*), w którym wprowadził m.in. następujące prawo: $((x \text{ teraźniejsze}) \text{ lub } (x \text{ przeszłe}) \text{ lub } (x \text{ przyszłe})) \rightarrow (x \text{ przeszłe}) \text{ przyszłe}$, symbolizujące, że wszelkie momenty staną się przeszłe. To, co przeszłe, było teraźniejsze, a to, co przyszłe, będzie teraźniejsze. Findlay nawiązuje do koncepcji A-ciągu McTaggarta; wprowadzone przez niego prawa można więc nazwać prawami logicznymi A-ciągu. Ta wczesna, i jeszcze dość prymitywna, formalizacja języka umożliwiła szybszy rozwój logiki temporalnej. Między innymi dzięki pracy Findlaya mogły się wreszcie rozwinąć pierwsze prawdziwe formalne ujęcia czasu.

Na podstawie powyższych rozważań stwierdzić można, że pierwszą przyczyną powstania systemów logiki temporalnej jest odrodzenie zainteresowań problematyką czasu w aspekcie logicznym. Systemy temporalne zaczęły jednak powstawać również z innych powodów. Przyczyny konstruowania tego rodzaju systemów były głównie natury językowej.

Wśród wyrażen języka potocznego oraz języków niektórych nauk, głównie szczegółowych nauk o świecie realnym, znajdują się wyrażenia zawierające różnorakie zwroty czasowe, tzn. czasowniki w różnych czasach gramatycznych (czas zajścia opisywanego przez zdanie zdarzenia w stosunku do momentu wypowiedzi) lub zwroty dotyczące związków czasowych, np. *zawsze, czasami, teraz, kiedyś, następnie, poprzednio*. Nic dziwnego więc, że z czasem niektórzy autorzy zaczęli zwracać uwagę na możliwość sformalizowania tego rodzaju zwrotów. Zajmowali przy tym trzy różne w tej kwestii stanowiska.

Wielu logików wyrażało opinię o niewystarczalności klasycznego rachunku logicznego do formalizowania wyrażen zawierających zwroty czasowe. P. F. Strawson w *Introduction to Logical Theory*¹⁷ zauważył, że

¹⁷ Por. P. F. Strawson, *Introduction to Logical Theory*, New York 1952, s. 150-152.

wyrażenia zawierające czasowniki w różnych czasach gramatycznych nie są odzwierciedlone w leksykonie tegoż rachunku. Próby formalizowania tego typu wyrażeń za pomocą narzędzi językowych logiki klasycznej są więc nieadekwatne. Na przykład mówi się: „Były wśród ocalałych kobiety”. Jednak kwantyfikator egzystencjalny $\exists x$ czyta się: „Jest (bezczasowo) takie x , że...”. Relacja między wyrażeniem kwantyfikatorowym a treścią zawartą w zasięgu kwantyfikatora jest beczasowa. Stąd, próbując symbolicznie zapisać powyższe zdanie, natrafia się na niezręczność: $\exists x (x \text{ jest kobietą i } x \text{ jest osobą, która była wśród ocalałych})$, gdzie w obu przypadkach „jest” występuje jako forma beczasowa.

Strawson zwracał też uwagę na przykłady w rodzaju:

<u>Jan zbudował</u>	<u>Jan biegnie</u>
Jan budował	Jan przestanie biec

Większość ludzi zgodziłaby się, że w powyższych przypadkach wnioski wynikają logicznie z przesłanek. Nie można jednakże takich wnioskowań zapisać adekwatnie za pomocą języka klasycznego rachunku logicznego. Schematy tych rozumowań zapisane za pomocą języka tegoż rachunku nie wyrażają tego typu wnioskowań (tj. wnioskowań niezawodnych), a więc nie są adekwatnym ujęciem związku między uczasowioną przesłanką a analogicznym w tym aspekcie wnioskiem.

Strawson, przedstawiając przykłady podobne do naszkicowanych powyżej, wskazywał na ograniczenia klasycznej logiki formalnej i popadłszy w tym aspekcie w pesymizm, utrzymywał, że jest ona niezdolna odpowiednio formalizować wyrażenia języka potocznego zawierające czasowniki w różnych czasach gramatycznych. Klasyczny rachunek logiczny nie jest, jego zdaniem, wystarczającym narzędziem do analizy poprawności rozumowań zawierających zwroty czasowe z tego względu, że istnieją poprawne rozumowania, które nie mają odzwierciedlenia w niezawodnych wnioskowaniach klasycznego rachunku logicznego, a źródło tego tkwi w ograniczeniu języka tegoż rachunku¹⁸.

Reprezentantem odmiennego stanowiska był W. V. O. Quine¹⁹, który uważał, że występowanie w gramatyce logicznej różnych czasów czasowników jest niepotrzebną komplikacją. Według niego czas powinien być trakto-

¹⁸ Por. R. P. McArthur, *Tense Logic*, (Synthese Library, vol. 111), Dordrecht–Boston 1976, s. 1-2.

¹⁹ Bezpośrednia odpowiedź na zarzuty Strawsona znajduje się w: W. V. O. Quine, *Mr. Strawson on Logical Theory*, „Mind” 63 (1953), s. 433-451. Najbardziej kompletna wykładnia punktu widzenia Quine’a znajduje się w jego *Word and Object*, Cambridge 1960.

wany na jednym poziomie z przestrzenią, czyli być przedstawiany na jej podobieństwo. Chodziło mu o traktowanie daty jako charakterystyki analogicznej do tej, która dotyczy położenia. Wszelkie szczegółowe informacje dotyczące czasu, które chce się zawrzeć w zdaniu, należy wyrazić w nim w taki sam sposób, w jaki podaje się szczegóły dotyczące położenia. Odpowiadając na zarzuty Strawsona, Quine stwierdzał, że wyrażenia zawierające czasowniki w różnych czasach gramatycznych mogą być tak przekształcone, żeby występującym w nich czasownikom nadać formy *bezczasowe*. Quine'owi chodziło o to, żeby trzymać się gramatycznego czasu teraźniejszego jako formy, lecz uznawać go za czasowo neutralny. Na przykład zdanie: „Nie zrobię tego więcej” można zamienić w zdanie: „Nie robię tego po chwili teraźniejszej”, gdzie „robię” traktowane jest bezczasowo, a czas przyszły oddaje zwrot: „po chwili teraźniejszej” (porównywalny do wyrażenia: „na zachód od tego miejsca”)²⁰. Każde stwierdzenie faktu można, zdaniem Quine'a, przekształcić w tzw. zdanie wieczne (zdania zawsze prawdziwe lub zawsze fałszywe, niezależnie od czasu i wszelkich okoliczności, w których mogą być wypowiedziane bądź zapisane) przez wprowadzenie doń nazw (miejsz lub osób, o które chodzi) i dat oraz usunięcie czasów czasowników (samo usunięcie czasu nie przekształca wyrażenia w zdanie wieczne)²¹.

Na przykład zdaniu: „Padał deszcz” odpowiada zdanie wieczne: „11 III 2007 roku w Warszawie pada deszcz”, a zdaniu: „Jest głodny” odpowiada zdanie wieczne: „17 II 2008 roku o godzinie 17 Jan jest głodny”, przy czym „pada” i „jest” należy tu rozumieć jako formy bezczasowe. Sparafrazowane zdania, których czasowniki mają formy bezczasowe, można przełożyć na język klasycznego rachunku logicznego. Quine nie widział potrzeby budowania nowej logiki nieklasycznej, jaką jest logika temporalna.

Trochę później pojawiło się jeszcze trzecie stanowisko (m.in. Reschera i Urquharta) postulujące odpowiednie rozszerzenie klasycznego rachunku logicznego poprzez dodanie do niego nowych funktorów, tj. funktorów czasowych. Stanowisko to jest pewnego rodzaju kompromisem między alternatywnymi poglądami reprezentowanymi przez Quine'a i Strawsona. Z jednej strony zachowana jest czasowość, a nie tylko bezczasowe parafrazowanie – jak chciał Quine. Z drugiej strony język klasycznego rachunku logicznego jest rozszerzony tak, aby rozwiązać, przynajmniej na tym polu, obawy Strawsona o ograniczeniach tegoż języka.

²⁰ Por. t e n ż e, *Słowo i przedmiot*, tłum. C. Celiński, Warszawa 1999, s. 196-203.

²¹ Por. t e n ż e, *Filozofia logiki*, tłum. B. Stanosz, Warszawa 2002, s. 31-32.

W związku z powyższym stanowiskiem zaczęły powstawać różne systemy logiki czasów gramatycznych – nadbudowane zwłaszcza nad klasycznym rachunkiem zdań. Większość tych systemów została skonstruowana głównie w latach sześćdziesiątych XX wieku. Kwestia formalizowania zdań zawierających zwroty temporalne pojawiała się odtąd często i była ważnym celem logików. Pomysłów formalizacji było dużo i dlatego powstało wiele systemów logicznych respektujących intensjonalną osobliwość zwrotów czasowych²². Obecnie tego rodzaju logika temporalna nie jest już rozwijana.

Skrótowo zostanie teraz pokazane, w jaki sposób doszło do sformalizowania wyrażeń zawierających czasowniki w różnych czasach gramatycznych i co za tym idzie – wprowadzenia do języka logiki nowych funktorów.

Autorzy stojący na stanowisku postulującym rozszerzenie klasycznego rachunku logicznego, przez dodanie do niego funktorów czasowych, formalizację wyrażeń zawierających czasowniki w różnych czasach gramatycznych rozpoczęli od podziału zdań na:

- a) zdania czasowo określone,
- b) zdania czasowo nieokreślone²³.

Do pierwszej grupy należą te wyrażenia, które nie mają jakichkolwiek odniesień czasowych (są to wyrażenia bezczasowe), np.: „5 jest liczbą pierwszą” oraz te, które zawierają specyficzną informację czasową, np.: „W Olsztynie zawsze świeci słońce”. Wartość logiczna tego rodzaju wyrażeń jest niezależna od czasu ich wypowiedzienia. Wyrażenia tego typu nie zawierają żadnej informacji dotyczącej związku czasowego między mówiącym a przedstawianą przez niego sytuacją. W zdaniach czasowo określonych czas gramatyczny czasowników nie odgrywa żadnej ważnej roli²⁴.

W związku z tym, że czas, w którym jest użyty czasownik, nie odgrywa ważnej roli w wyrażeniach czasowo określonych, logika czasów gramatycz-

²² Por. M c A r t h u r, *Tense Logic*, s. 1-2.

²³ Por. R e s c h e r, U r q u h a r t, *Temporal Logic*, s. 25.

²⁴ Oczywiście są wyjątki (choć rzadkie), np. w zdaniu: „11 III 2007 roku w Warszawie padało” zawarty jest kilka informacji, m.in. ta, że czas jego wypowiedzienia jest późniejszy niż 11 III 2007 roku. Jednak przekazanie tego faktu nie jest podstawową intencją wypowiadającego. W takim przypadku można to zdanie zapisać w formie bezczasowej: „11 III 2007 roku w Warszawie pada”. Kiedy jednak informacja o czasie wypowiedzienia tego zdania jest jego istotą, zdanie takie może łączyć zdanie czasowo określone i zdanie czasowo nieokreślone, np.: „11 III 2007 roku w Warszawie pada”, „11 III 2007 roku jest w tej chwili przeszłością”. Por. M c A r t h u r, *Tense Logic*, s. 2-3.

nych bardziej związana jest z drugą grupą wyrażeń: czasowo nieokreślonych. Wyrażenia te mają odniesienie do czasu. Tego rodzaju zdaniem są na przykład zdania: „Dzisiaj jest słonecznie i ciepło”, „Kraków był stolicą Polski”, „Republika Południowej Afryki będzie gospodarzem następnych mistrzostw świata w piłce nożnej”. Wartość logiczna tego typu wypowiedzi jest zależna od czasu ich wypowiedzenia. Jest to istotna własność dla tej kategorii zdań²⁵.

Powyższe zdania zapisane są kolejno w czasie teraźniejszym, przeszłym i przyszłym (w języku angielskim są to czasy: *present*, *past*, *future*). Można je potraktować jako zbudowane z odpowiedniego funktora zdaniotwórczego od jednego argumentu zdaniowego (podobnie jak w przypadku negacji w klasycznej logice²⁶) i zdania w czasie teraźniejszym, które jest argumentem tego funktora:

T – funktor czasu teraźniejszego (*present tense*): *jest tak, że ...*

P – funktor czasu przeszłego (*past tense*): *było (kiedyś) tak, że ...*

F – funktor czasu przyszłego (*future tense*): *będzie (kiedyś) tak, że...*

Funktory logiki zdań czasowych miały więc za zadanie informować o czasie gramatycznym odpowiednich zdań. Powyższe zdania można zatem za pomocą tych funktorów zapisać symbolicznie (choć nieco sztucznie) w następujący sposób:

T (Dzisiaj jest słonecznie i ciepło)

Jest tak, że dzisiaj jest słonecznie i ciepło.

P (Kraków jest stolicą Polski)

Było tak, że Kraków jest stolicą Polski.

F (Republika Południowej Afryki jest gospodarzem mistrzostw świata w piłce nożnej)

Będzie tak, że RPA jest gospodarzem mistrzostw świata w piłce nożnej.

²⁵ Tamże, s. 3.

²⁶ Analogia ta nie jest jednak zbyt ścisła, jak zauważył S. Kiczuk. Funktor prawdziwościowy, jakim jest negacja, wyraża związek sprzeczności, który zachodzi między wartością logiczną zdania a wartością logiczną jego zaprzeczenia. Wartość logiczna zdań rozpatrywanych przez logikę klasyczną nie zależy od czasu ich wypowiedzenia. Natomiast zdania tworzone przez funktory logiki czasów gramatycznych są prawdziwe wtedy, gdy zdania będące ich argumentami odpowiednio są prawdziwe, były prawdziwe lub będą prawdziwe. Ponadto funktor negacji ma prosty odpowiednik w języku potocznym. Por. K i c z u k, *Zagadnienie konstruowalności logiki zdań czasowych*, s. 151.

Twórcy logiki czasów gramatycznych zauważyli, że funktor T jest w zasadzie zbędny, gdyż wyraża on czas teraźniejszy, a zdanie będące jego argumentem także występuje w czasie teraźniejszym. W związku z tym pozostały tylko funktory F i P, których zadaniem jest pozbawić główny czasownik zdania, będącego argumentem danego funktora, wszelkich czasowych elementów, z wyjątkiem elementu teraźniejszości. To funktory F i P²⁷ informują o gramatycznym czasie tego zdania. Na przykład: jeśli p reprezentuje zdanie „Sokrates biegnie (teraz)”, to Fp reprezentuje zdanie „Sokrates będzie biegł”, a Pp – „Sokrates biegł”.

Funktory czasowe można w różnoraki sposób łączyć z funktorami prawdziwościowymi, na przykład: $Pp \wedge \sim p$ (Padało w Warszawie, a teraz nie pada). Logicy zwrócili także uwagę na możliwości negowania zdań zawierających funktory czasowe. Ich zdaniem negacją takich wyrażen należy posługiwać się ostrożnie z uwagi na poważną różnicę między wyrażeniem zdaniowym $F\sim p$ a $\sim Fp$ ²⁸. Fp czyta się „będzie kiedyś tak, że p” a stąd $F\sim p$ czyta się „będzie kiedyś tak, że $\sim p$ ”. $\sim Fp$, będące zaprzeczeniem Fp, czyta się „nie będzie kiedyś tak, że p”, czyli nigdy nie będzie p. Ważna jest także różnica między wyrażeniami $\sim F\sim p$ i Fp. Wyrażenie $\sim F\sim p$ mówi o tym, że nie będzie kiedyś tak, że $\sim p$, czyli, że p nigdy w przyszłości nie będzie fałszywe, czyli będzie *zawsze* prawdziwe, natomiast wyrażenie Fp mówi, że p będzie prawdziwe w *pewnym* momencie czasu w przyszłości (między $\sim F\sim$ i F zachodzi analogiczna relacja, jaka zachodzi między kwantyfikatorem ogólnym \forall a kwantyfikatorem szczegółowym \exists). To samo dotyczy funktora czasu przeszłego P²⁹. Formuła $\sim P\sim p$ głosi, że było *zawsze* tak, że p; Pp zaś głosi, że p zaszło w *pewnym* momencie czasu.

W związku z powyższym twórcy logiki czasów gramatycznych, dla skrócenia zapisów, wprowadzili dwa nowe funktory: G i H, które czyta się następująco:

G: „będzie *zawsze* tak, że... $Gp =_{df} \sim F \sim p$

H: „było *zawsze* tak, że... $Hp =_{df} \sim P \sim p$ ³⁰

²⁷ W języku angielskim przy użyciu tych funktorów można także sformalizować zdania zawierające czasowniki w czasie *past perfect*: Pp (It had rained in Boston) oraz *future perfect*: Fp (It will have rained), gdzie p – zdanie atomiczne (It rains in Boston).

²⁸ Prawo podwójnej negacji może mieć tu kilka postaci: $\sim\sim Fp \equiv Fp$, $\sim\sim Pp \equiv Pp$, $F\sim\sim p \equiv Fp$, $P\sim\sim p \equiv Pp$.

²⁹ Por. M c A r t h u r, *Tense Logic*, s. 4-5.

³⁰ Por. P r i o r, *Past, Present and Future*, s. 32-58.

Funktory F i P można zdefiniować także za pomocą funktorów G i H:

$$Fp =_{df} \sim G \sim p; Pp =_{df} \sim H \sim p.$$

Nowe funktory pozwoliły wyrazić prawdziwość zdania p we wszystkich czasach gramatycznych: przeszłym, teraźniejszym i przyszłym: symbolicznie: $Hp \wedge p \wedge Gp$.

Widać zatem, dlaczego i w jaki sposób doszło do wprowadzenia do języka klasycznego rachunku logicznego nowych funktorów: P, F, G i H. W celu rozwinięcia formalizacji zdań zawierających zwroty czasowe wykorzystano kilka możliwości. O dwóch z nich warto wspomnieć. Opierają się one na dołączeniu do funktorów czasowych innych symboli, np. indeksów metrycznych³¹ lub funktorów modalnych.

Indeksy metryczne zapisywane u góry przy funktorze: $F^n p$, $P^n p$ reprezentują specyficzne interwały czasu wskazujące na czas wypowiedzi (czy wyrażane zdarzenie miało miejsce przed wypowiedzeniem zdania, czy nastąpi po nim w przyszłości). Na przykład chcąc sformalizować zdanie: „Będzie padać za godzinę od tej chwili” (precyzyjniej niż Fp), zapisujemy je symbolami: $F^1 p$ (za 1 godzinę będzie tak, że p), przyjmując, że w tym przykładzie jedna godzina jest podstawowym interwałem czasowym.

Funktory czasowe niemetryczne: P, F, G, H można zdefiniować na gruncie logiki czasów gramatycznych, w której występują kwantyfikatory wiążące zmienne reprezentujące liczbę interwałów czasowych (n, m):

$$Fp =_{df} (\exists n) F^n p; Gp =_{df} (\forall n) F^n p;$$

$$Pp =_{df} (\exists n) P^n p; Hp =_{df} (\forall n) P^n p.$$

Zakres zmiennych reprezentujących liczbę interwałów czasowych musi być dobrze sprecyzowany³².

³¹ Tamże, s. 95-112.

³² Na przykład 0 jest możliwą wartością dla n, dlatego $(\exists n) F^n p$ tłumaczy się: „jest tak, że p lub będzie kiedyś tak, że p”. Zapis $F^0 p$ jest równoważny z samym p. Z drugiej strony, jeżeli dopuszczane są także wartości ujemne jako zakres zmiennych, to $(\exists n) F^n p$ nie musi wyrażać wcale przyszłości, gdyż pewne opisywane przez zdanie p zdarzenie mogło mieć miejsce w przeszłości, np. godzinę temu. Symboliczny zapis: $F^{-n} p$ jest równoważny z zapisem $P^n p$, więc $(\exists n) F^n p$, gdzie n przebiega wszystkie liczby ujemne, można tak samo tłumaczyć: „było kiedyś tak, że p”. Wykorzystując dodatnie i ujemne wartości jako zakresy zmiennych można uzyskać oszczędność w grupie symboli pierwotnych, np. P mogłoby być zdefiniowane za pomocą F przy użyciu ujemnych indeksów metrycznych. Nawet kiedy indeksy przyjmują dodatnie wartości, to $F^n P^n p$ jest równoważne p. Por. M c A r t h u r, *Tense Logic*, s. 5-6.

Innym możliwym rozszerzeniem języka logiki czasów gramatycznych jest wprowadzenie do jej systemów funktorów modalnych: funktora M (możliwość) i L (konieczność). Funktory modalne mogą być zdefiniowane za pomocą funktorów czasowych (i dodane do systemu) lub traktowane jako terminy pierwotne. Za pomocą funktorów czasowych i modalnych można zapisać symbolicznie wiele wyrażeń zawierających modalności oraz czasowniki w różnych czasach gramatycznych, np.:

Jest możliwe, że Kowalski wygra zawody: MFp
(p – Kowalski wygrywa zawody),

Cezar musiał przekroczyć Rubikon: PLp
(p – Cezar przekracza Rubikon)³³.

Logika czasów gramatycznych w aspekcie formalnym wywodzi się z logiki modalnej, dlatego też często określana jest mianem modalnej logiki czasu³⁴. Twórcą logiki czasów gramatycznych jest A. N. Prior, który uważany jest za prekursora logiki temporalnej. Prior zinterpretował temporalnie funktory możliwości i konieczności wprowadzając do skonstruowanych przez siebie systemów logiki czasów gramatycznych cztery funktory zdaniotwórcze od jednego argumentu zdaniowego, odpowiadające w języku naturalnym różnym czasom gramatycznym:

Hp – było w przeszłości zawsze tak, że p,
Pp – było w przeszłości kiedyś tak, że p,
Gp – będzie w przyszłości zawsze tak, że p,
Fp – będzie w przyszłości kiedyś tak, że p³⁵.

Prior dał pierwsze zarysy rachunków, a także wykończone systemy logiki czasów gramatycznych, w których występują wymienione funktory czasowe. Do dnia dzisiejszego skonstruowanych zostało wiele systemów *tense logic*:

³³ Tamże, s. 7.

³⁴ Nie jest jednak tak, że logika modalna „przekłada” się na logikę temporalną. Nie wszystkie prawa logiki modalnej da się przenieść na prawa logiki temporalnej. Logiki temporalne rozwijają się obok logik modalnych. Por. T. S i d e r, *Quantifiers and Temporal Ontology*, „Mind” 115 (2006), s. 75-97.

³⁵ Por. P r i o r, *Time and Modality*, s. 9-54. Funktory te można czytać także w następujący sposób: F (zastąpił modalny funktor możliwości) – możliwe w przyszłości, G (zastąpił modalny funktor konieczności) – konieczne w przyszłości oraz P – możliwe w przeszłości, H – konieczne w przeszłości (przeszłościowe odpowiedniki funktorów modalnych). Por. E. H a j n i c z, *Reprezentacja logiczna wiedzy zmieniającej się w czasie*, Warszawa 1996, s. 152.

K_t , CR, CL, SL, PL, PCr, Kb, OT (istnieją także systemy logiki czasów gramatycznych powstałe jako rozszerzenie rachunku kwantyfikatorów: QK_t , QCR, QCL, itd.). Większość z tych systemów powstała w latach 60. i 70. XX wieku. Ich twórcami, oprócz Priora, byli: E. J. Lemmon, N. B. Cocchiarella, D. Scott oraz Rescher i Urquhart.

Poza logiką czasów gramatycznych powstały także inne rodzaje logiki temporalnej, zawierające odmienne niż systemy *tense logic* funkcjory. W celu formalizacji wyrażeń języka potocznego oraz zbliżonych do języka naturalnego wyrażeń z wielu nauk skonstruowana została logika czasu zawierająca zmienną czasową oraz systemy temporalne von Wrighta (pomijamy tu systemy powstałe na potrzeby informatyki).

Systemy logiki temporalnej ze zmienną czasową³⁶ zawierają funkcjory R i U odczytywane w następujący sposób:

$Rt p$ – „p jest realizowane w czasie t” („jest tak w czasie t, że p”)

$Ut_1 t_2$ – „czas t_1 jest przed czasem t_2 ”.

System zawierający funkcjor R nazywany jest systemem R. Jego rozszerzeniem jest system R/U (zawierający obok funkcjora R także funkcjor U).

Tego rodzaju systemy logiki temporalnej to logiki czasu empirycznego, zwłaszcza fizycznego. Zostały one zapoczątkowane przez polskiego logika J. Łosia, który podjął pierwszą próbę skonstruowania formalnego systemu logiki temporalnej, budując w 1947 r. (czyli wcześniej niż Prior!) pierwszy współczesny system logiki dat i interwałów czasowych³⁷. Następnie systemy zawierające zmienną czasową konstruowane i rozwijane były przede wszystkim przez Reschera, a także w pewnym stopniu przez Urquharta³⁸. Systemy czasu fizycznego są bardzo rozwinięte formalnie i doniosłe filozoficznie (logiczna teoria zmiennej czasowej sięga Arystotelesa i Szkoły Megarejsko-Stoickiej, była też rozwijana w średniowieczu).

Systemy logiczne, w których występują wyrażenia $R t p$ i $U t_1 t_2$ ich twórcy nazywali *temporal logic* (bądź też *chronological logic*) w odróżnieniu od rachunków *tense logic*.

W celu formalizacji niektórych zwrotów czasowych języka potocznego oraz zbliżonych do niego zwrotów niektórych nauk, np. nauk przyrodniczych,

³⁶ Zob. M. Tkaczyk, *Zmienna czasowa w starożytnej i średniowiecznej teorii zdań warunkowych*, „Roczniki Filozoficzne” 55 (2007), nr 2, s. 99-121.

³⁷ Por. Łoś, *Analiza metodologiczna kanonów Milla*, s. 279-281.

³⁸ Por. Rescher, Urquhart, *Temporal Logic*, s. 31-54; N. Rescher, *Topics in Philosophical Logics*, Dordrecht 1968, s. 196-228.

skonstruowane zostały także systemy zawierające funktry temporalne, których odpowiednikami w języku potocznym są wyrażenia *i potem, i następnie*. Systemy logiki zdań czasowych, na gruncie których występują takie funktry, skonstruowane zostały przez fińskiego logika – G. H. von Wrighta.

Von Wright uważał, że pomimo istnienia wielu różnorodnych prac (głównie filozoficznych) traktujących o czasie, niewiele było prób podejścia do niego za pomocą narzędzi logiki formalnej. Jego zdaniem klasyczna logika opisuje świat „statyczny”, to znaczy taki, w którym w jednej i tej samej rzeczy jedna i ta sama własność nie może być zarazem obecna i nieobecna. Zdanie jest zatem albo prawdziwe, albo fałszywe, ale nigdy jednocześnie prawdziwe i fałszywe. Von Wright wskazywał, że możliwe jest jednak, żeby jedna i ta sama rzecz miała i nie miała tej samej własności. Mogła ją bowiem najpierw mieć, a potem nie mieć lub odwrotnie. Istnieją więc zdania, których wartość logiczna zmienia się w czasie, np. zdanie: „Pada deszcz”. Zdaniem von Wrighta logika opisująca świat „dynamiczny” jest bardzo potrzebna. Ważną rolę w takiej logice odgrywa pojęcie zmiany, procesu i czasu.

Von Wright jest twórcą systemów *And Next* i *And Then*³⁹. Pierwszy z tych systemów powstał w 1965 r., drugi – w rok później. W systemach tych występują funktry temporalne (zdaniotwórcze od dwóch argumentów zdaniowych), tzw. koniunkcji uczasowanej (oznaczane symbolem T).

Na gruncie systemu *And Next* występuje funktry T odczytywany:

pTq – *p i następnie* (w chwili bezpośrednio następującej) *q*.

Na gruncie systemu *And Then* występuje funktry T odczytywany:

pTq – *p i potem* (kiedyś potem) *q*.

Funktry T można interpretować także jako funktry przeszłości, który w rachunku *And Next* w języku potocznym odczytujemy: *immediately before: bezpośrednio przed* (w chwili bezpośrednio poprzedzającej), w *And Then* jako *and before: i przedtem* (w pewnym wcześniejszym czasie).

*

Podsumowując rozważania zawarte w niniejszym artykule, stwierdzić można, że dwie były przyczyny powstawania niektórych systemów logiki temporalnej. Pierwszą z nich było odrodzenie zainteresowań problematyką

³⁹ Por. G. H. von Wright, *And Next*, „Acta Philosophica Fennica” 18 (1965), s. 293-304; *tenże*, *And Then*, „Commentationes Physico-Mathematicae” 32 (1966), nr 7, s. 1-11.

czasu w aspekcie logicznym; drugą (istotniejszą) – niewystarczalność języka klasycznego rachunku logicznego do formalizowania zwrotów czasowych. W związku z tym zaczęto konstruować różne systemy temporalne dostarczające aparaty językowej i inferencyjnej potrzebnej do kontrolowania wyrażań i wnioskowań zawierających tego typu zwroty.

Formalne analizy czasu prowadzone były w logice w dwóch głównych kierunkach: jako analizy czasów gramatycznych (*tense logic*) oraz jako analizy czasu prowadzone na bazie filozofii nauki, przede wszystkim filozofii fizyki, albo na bazie jakiejś ontologii (*logic of time*)⁴⁰. Nie zawsze dało się jednak wyznaczyć ostry przedział między systemami powstałymi w wyniku stosowania tych różnych podejść, dlatego mówi się po prostu o logice temporalnej, nie rozróżniając między *tense logic* a *logic of time*. Na poboczu tego nurtu badań sytuuje się logika temporalna von Wrighta.

Na koniec warto jeszcze wspomnieć, że systemom logiki temporalnej, w związku z formalizacją zwrotów czasowych i kodyfikacją wnioskowań uwzględniających takie zwroty, stawiać można różne zadania. Jednym ze stanowisk w tej kwestii jest stanowisko, które można określić mianem „usługowego”. Głosi ono, że niektóre systemy logiki temporalnej, a zwłaszcza ich język, mogą znaleźć zastosowanie na gruncie nauk przyrodniczych, głównie fizyki i kosmologii (pod warunkiem, że systemy te byłyby wartościowe poznawczo). Zagadnienie powyższe stanowi pole do badań i pozaformalnych refleksji przeprowadzanych nad logikami temporalnymi.

BIBLIOGRAFIA

- H a a c k S.: *Philosophy of Logic*, Cambridge: Cambridge University Press 1978.
- H a j n i c z E.: *Reprezentacja logiczna wiedzy zmieniającej się w czasie*, Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ 1996.
- K i c z u k S.: Zagadnienie konstruowalności logiki zdań czasowych, „*Roczniki Filozoficzne*” 28 (1980), z. 1, s. 149-166.
- K l i m e k R.: *Wprowadzenie do logiki temporalnej*, Kraków: Wydawnictwa AGH 1999.
- K o z a n e c k a A.: O rodzajach logik temporalnych, „*Roczniki Filozoficzne*” 55 (2007), nr 1, s. 189-199.
- Ł o ś J.: Analiza metodologiczna kanonów Milla, „*Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska*” 2 (1947), z. 5, s. 279-281.

⁴⁰ Por. U. M. Ż e g l e ń, *Modalność w logice i w filozofii. Podstawy ontyczne*, (Biblioteka Myśli Semiotycznej), Warszawa 1990, s. 117.

- McArthur R. P.: *Tense Logic*, (Synthese Library, vol. 111), Dordrecht–Boston: D. Reidel Publishing Company 1976.
- McTaggart J. M. E.: The unreality of time, „Mind” 187 (1908), s. 457-474.
- Prior A. N.: *Time and Modality*, Oxford: Clarendon Press 1957.
- *Past, Present and Future*, Oxford: Oxford University Press 1967.
- Quine W. V. O.: *Filozofia logiki*, tłum. B. Stanosz, Warszawa: Fundacja Aletheia 2002.
- Mr. Strawson on Logical Theory, „Mind” 63 (1953), s. 433-451.
- *Słowo i przedmiot*, tłum. C. Cieśliński, Warszawa: Fundacja Aletheia 1999.
- Reichenbach H.: *Elements of symbolic logics*, New York: The Macmillan Company 1947.
- Rescher N.: *Topics in Philosophical Logics*, (Synthese Library), Dordrecht: D. Reidel Publishing Company 1968.
- Rescher N., Urquhart A.: *Temporal Logic*, New York: Springer 1971.
- Sider T.: Quantifiers and Temporal Ontology, „Mind” 115 (2006), s. 75-97.
- Strawson P. F.: *Introduction to Logical Theory*, New York: Barnes and Noble 1952.
- Tkaczyk M.: Zmienna czasowa w starożytnej i średniowiecznej teorii zdań warunkowych, „Roczniki Filozoficzne” 55 (2007), nr 2, s. 99-121.
- Von Wright G. H.: And Next, „Acta Philosophica Fennica” 18 (1965), s. 293-304.
- And Then, „Commentationes Physico-Mathematicae” 32 (1966), nr 7, s. 1-11.
- Wajszczyk J.: *Logika a czas i zmiana*, Olsztyn: WSP 1995.
- Zegleń U. M.: *Modalność w logice i w filozofii. Podstawy ontyczne*, (Biblioteka Myśli Semiotycznej), Warszawa: ZSL UW, PTS 1990.

THE ORIGIN OF SOME SYSTEMS OF TEMPORAL LOGIC

Summary

The article is devoted to the question of the origin of temporal logic. The aim of it is to answer to the question concerning the group of conditions and reasons of constructing such kinds of systems (especially of tense logic and G. H. von Wright's temporal logic). As a result of conducted considerations, there is stated that there exist two reasons of arising some temporal systems. The first of them was the rebirth of interests of issues involving time in aspect of logic, the second (more essential) – insufficiency of the language of the classical logical calculus to give the formalization of tense clauses. In connection with this there was begun constructing temporal systems providing the linguistic and inferencial apparatus needed to control expressions and inferences containing such clauses. In the article there is also shown how there was led to formalize expressions including various tense clauses, and what follows, to introduce new functors to the language of logic.

Translated by Anna Kozanecka-Dymek

Słowa kluczowe: geneza, logika temporalna, zwroty czasowe, funktory czasowe.

Key words: origin, temporal logic, tense clauses, temporal functors.

Information about Author: ANNA KOZANECKA-DYMEK, Ph.D. – Chair of Logic, Faculty of Philosophy, The John Paul II Catholic University of Lublin; address for correspondence: Al. Raclawickie 14, PL 20-950 Lublin; e-mail: akozdym@kul.lublin.pl