

EL CICLO DE VIDA DE LOS SISTEMAS: LOS CONCEPTOS Y LOS ALGORITMOS DE EVOLUCIÓN SIMPLE Y CICLICA

Yuriy D. Zubenko (1,2), Fernando J. Lage (2), Zulma Cataldi (2)

1. Universidad Argentina John F. Kennedy;

2. Facultad de Ingeniería, UBA. Universidad de Buenos Aires.

Paseo Colón 850. 4° Piso. 1063 – Ciudad de Buenos Aires. informat@mara.fi.uba.ar

RESUMEN

Se presenta el estado actual de las investigaciones que se están llevando a cabo que estudian el análisis de los sistemas desde los fundamentos teóricos–matemáticos que los sustentan. Estos se pueden presentar en forma de conceptos, algoritmos y sus aplicaciones. El análisis de sistemas tiene como objeto de investigación los propios sistemas, con sus herramientas teóricas y metodológicas, a partir de la definición del sistema como una colección de propiedades del objeto real que realiza una función.

Para el estudio acerca de la vida de los sistemas se define la evolución simple o la vida de un sistema con los estadios de aparición y síntesis; de funcionamiento; y de degradación o descomposición. La evolución cíclica está definida como consecuencia de las evoluciones simples con una función recurrente. Para cada estadio se presenta el concepto teórico, el algoritmo abstracto y los ejemplos. Los resultados permiten suponer, que el análisis de sistemas permite resolver problemas prácticos en sistemas de diferentes tipos y destinos.

INTRODUCCIÓN

Se toma la siguiente definición de sistema: "Un sistema es una colección de propiedades del objeto real, que realiza una función" y se lo designa con la letra **S**. Las nociones y las relaciones de los sistemas se presentan en forma de la Teoría General de Sistemas como la subteoría de la teoría **L** del cálculo proposicional [7,9,21].

En correspondencia con la **Hipótesis I**: "Cada sistema es finito en espacio y en tiempo" se definen los estadios de evolución simple de los sistemas y la evolución cíclica del sistema como una secuencia de evoluciones simples de sistemas con la misma función.

DESARROLLO

El análisis de sistemas estáticos [21]. En los sistemas estáticos se investigan las nociones tales como objetos, partes, características, etc. y, las relaciones entre ellas, los componentes y las estructuras. Luego se construye el modelo abstracto de acuerdo a la Teoría General de Sistemas, después los modelos derivados en álgebra lógica, lógica probable, las teorías interdisciplinarias, siendo posible el uso del espacio topológico [10], en las teorías aplicadas, hasta obtener el modelo con sus características y relaciones. Paralelamente, se crean los modelos gráficos y se aplican las herramientas metodológicas. Con la nueva definición de sistema se reúnen las propiedades s_i y se recibe la función **F** del sistema como una nueva propiedad. El espacio topológico **T_p** contiene todas las propiedades posibles, incluyendo la nueva propiedad **F_i**. Por eso se destaca esa nueva propiedad **F_i** en el espacio **T_p**. La creación del sistema significa una transformación de las propiedades: $S_i \rightarrow F_i$.

Ejemplo 1: El Análisis estático de los sistemas de computación en gestión [22].

A estos sistemas se los llama sistemas de gestión automatizados (SGA) que se denomina **S**. Por definición, el SGA es la colección de las propiedades informáticas del hardware, software y del personal siendo el objeto real (**N**), que realiza la función de gestión (**F**). Las propiedades que forman al sistema son informáticas (s_1). La base (**B**) son los técnicos o hardware (**H**), los programas o software (**W**), la organización o el personal (**P**), la calificación (**C**), las leyes, reglas y normas (**R**). El medio exterior (**V**) es el objeto de gestión (**V1**) y las partes adyacentes del proyecto de SGA son las condiciones exteriores, locales, la alimentación eléctrica, etc. denominada (**V2**). La frontera **G1** son los límites físicos del objeto, por ejemplo, la entrada y la salida informática del SGA. La frontera **G2** es la relación entre las propiedades informáticas (s_1) del sistema y otras propiedades del objeto real o la base **B**. La estructura de las relaciones exteriores del SGA define la función:

$Y=F(x)$, donde x y Y son las relaciones iniciales y finales del sistema (la entrada y la salida). La estructura interior del SGA es la estructura de sus propiedades informáticas realizados por la base B . Los elementos de la base B son: los elementos discretos electrónicos, eléctricos, magnéticos de la computadora; los elementos biológicos del personal; los elementos funcionales de la técnica de gestión analógica. En el caso de elementos discretos de la base B los procedimientos informáticos en SGA son las colecciones de operaciones booleanas, donde la adición 1 es la señal de entrada, la suma es la señal de salida y la adición 2 es el estado del elemento.

En el SGA existen dos tipos de elementos de análisis: en la estructura funcional el elemento es una tarea; en la estructura de los procedimientos informáticos el elemento es un bit de información. La estructura interior lineal del SGA puede ser representada por código binario. La estructura lineal es muy voluminosa y por ello no es efectiva, son mejores estructuras flexibles: con interconexiones entre los elementos no lineales y distribuidas. En la estructura lineal los componentes del vector de salida dependen solamente de los componentes del vector de entrada, y en las flexibles no. La estructura interior de SGA tiene los componentes siguientes: la base de datos, el sistema de clasificación y de codificación, las formas de documentos, la información masiva, las señales de entrada y de datos, las señales de salida y los documentos, la estructura de los procedimientos de datos, el sistema de representación de la información, la interface, etc.

El algoritmo abstracto de investigación en los sistemas.

La investigación en sistemas posee ocho estadios básicos que se describen debajo. La **Entrada** del algoritmo es **el concepto** teórico y la **información inicial y la salida** del algoritmo es la definición del **problema**.

Los estadios básicos son:

Estadio 1. Primero es necesario identificar el sistema (S). Para eso se define el objeto real (N), el medio exterior (V), la frontera $G1$ entre ellos. En el objeto N se identifican las propiedades (s_N), entre esas propiedades se identifican las propiedades del sistema (s_i) y otras propiedades (s_B). Luego se definen el sistema S con propiedades s_i y la función F . Se identifica la base B con propiedades s_B . Se define la frontera $G2$ como las relaciones entre las propiedades s_i y las propiedades s_b . Para lo anterior se usan la Teoría General de Sistemas, identificando al sistema S en la clasificación de los sistemas.

Estadio 2. Se define la función F como el equilibrio entre las relaciones exteriores del sistema (SS , SB , SV , VS , BS) y la organización de las propiedades particulares del sistema. Se define la estructura funcional ($|F|$) y la estructura de las propiedades particulares del sistema ($|s_i|$) y la correlación entre esas dos estructuras del sistema. Se usa la definición de la función.

Estadio 3. Se identifica la estructura de la base $|B|$, sus partes y las relaciones entre ellas. Se definen las relaciones entre la base B y el sistema S (BS , SB), para lo que se usa la Teoría General de Sistemas y la metodología propia.

Estadio 4. Se limita el medio exterior del sistema, se identifican sus partes importantes para el sistema y su estructura $|V|$. Se definen las relaciones entre el medio exterior V y el sistema S (SV , VS), y entre el medio exterior V y la base B (BV , VB).

Estadio 5. En quinto lugar, se crea **el modelo abstracto** del sistema en la Teoría General de Sistemas, usando los axiomas de la Teoría L y de la TGS.

Estadio 6.1. Se crea **el modelo derivado** (más detallado y aplicado) del sistema, usando las teorías interdisciplinarias, espacios y teorías aplicadas.

Estadio 6.2. Se crea paralelamente al anterior **el modelo empírico** (detallado y aplicado) del sistema, usando la metodología propia de los sistemas (principios, nociones, métodos, opiniones de expertos, estadística).

Estadio 7. En séptimo lugar, se crea **el modelo con las características** del sistema, usando la ciencia aplicada correspondiente.

Estadio 8. Se identifica el **estadio de la vida** del sistema (aparición y síntesis; funcionamiento; degradación y/o descomposición) o **evolución cíclica**. Se identifica el **tipo de problema** y las tareas que tienen que resolver, usando la clasificación de los problemas y tareas.

El concepto y algoritmo abstracto de aparición y síntesis de los sistemas.

Crear un sistema significa organizar algunas propiedades s_i de un objeto real en forma de una función F , definida como: $F(s_i, s_{ij}, s_{ijk}) = \langle SS, SB, SV, BS, VS \rangle$, con condiciones de integridad, estabilidad y estacionariedad de las propiedades y de las relaciones, donde: s_{ij} son las características de las propiedades, s_{ijk} son los valores de las características. La función del sistema está definida por la relación del sistema, su base y su medio exterior. Se pueden representar S , B y V mediante sus propiedades, características y valores: $S \sim \langle s_i, s_{ij}, s_{ijk} \rangle_S$, $B \sim \langle s_i, s_{ij}, s_{ijk} \rangle_B$, $V \sim \langle s_i, s_{ij}, s_{ijk} \rangle_V$ y la aparición de la función se puede representar como consecuencia en álgebra lógica [6,12]: $\langle s_i, s_{ij}, s_{ijk} \rangle_S \wedge \langle s_i, s_{ij}, s_{ijk} \rangle_B \wedge \langle s_i, s_{ij}, s_{ijk} \rangle_V \rightarrow F$. La F se la puede representar como una función con argumentos: $F = F(S, B, V)$, y la existencia de F se puede expresar por la función del álgebra lógica:

$f_F(x_{ij})$, $x_{ij} = 0$ (si s_{ij} existe), $= 1$ (si s_{ij} está ausente). La función f_F puede ser representada por: $f_F \sim \wedge x_{ij}$.

La probabilidad de creación de la función mediante la relación de las características independientes puede ser presentada como la multiplicación de las probabilidades de los valores, por lo que es posible la combinación de las probabilidades condicionales e incondicionales.

Según la **Hipótesis 2 del análisis de sistemas: Las posibilidades de la materia para organizarse y desorganizarse tiene un carácter casual [16,17]**. Esto significa que la aparición y la síntesis del sistema tienen carácter casual. El sistema aparece si $f_F = 1$ con alguna probabilidad P_F , pero en el caso (a) el sistema se aparece como materia no organizada (por ejemplo todos los sistemas naturales no orgánicos), en caso (b) el sistema aparece parcialmente como materia organizada en forma de otros sistemas (por ejemplo todos los sistemas naturales orgánicos), en caso (c) el sistema aparece como materia organizada en forma de otros sistemas (por ejemplo todos los sistemas artificiales, porque la función F tiene un carácter probable y por eso se lo puede estudiar con la ayuda de la teoría de las funciones casuales [19]. En los sistemas la función casual es la forma concreta de la estructura interior $F(s_i, s_{ij}, s_{ijk})$ de las propiedades s_i para realizar una estructura de las relaciones exteriores $\langle SS, SB, SV, BS, VS \rangle$. La función casual se caracteriza por su esperanza matemática $M[F]$, dispersión $D[F]$ y otras características clásicas. Pero a diferencia entre las ciencias y los sistemas el algoritmo de aparición y síntesis de los sistemas tiene un carácter abstracto. La síntesis del sistema se realiza en dos formas: conceptual y formal. Esas dos formas se usan: una después de la otra, una paralelamente con la otra o en alguna combinación. La síntesis de los sistemas comienza con el análisis del medio exterior y con la definición de sus partes principales. Se definen la naturaleza de la base, sus partes principales y su estructura. En el sistema se definen la estructura funcional y la estructura de las propiedades. Se definen las relaciones exteriores del sistema, su estructura interior y sintetizan el sistema en forma de correspondencia entre relaciones exteriores y la estructura interior en forma iterativa. Se pueden ver en la bibliografía citada los ejemplos 2 y 3 que se citan debajo.

Ejemplo 2: La síntesis de una empresa privada de producción [4,13,21].

Ejemplo 3: La síntesis de una planta de energía atómica [11,15,21].

El concepto y algoritmo abstracto de funcionamiento de los sistemas.

Los sistemas dinámicos tienen dependencia con el tiempo en ambas partes de su función:

$F(s_i(t), s_{ij}(t), s_{ijk}(t)) = \langle SS(t), SB(t), SV(t), BS(t), VS(t) \rangle$,

donde la parte derecha está definida por la configuración de las relaciones exteriores del sistema y la parte izquierda está definida por las posibilidades del sistema de realizar su función. Estas últimas posibilidades del sistema tienen tres niveles cualitativos diferentes: el nivel 1, el más simple, por cambio de los valores $s_{ijk}(t)$ de las características; el nivel 2, más complejo, por cambio de las

características $s_{ij}(t)$ de las propiedades; y el nivel 3, el más complejo, por cambio de las propiedades $s_i(t)$ del sistema.

El funcionamiento del sistema significa un cambio de los valores (nivel 1); **adaptación** significa el cambio de las características (nivel 2); **evolución** significa el cambio de las propiedades (nivel 3). Se puede representar la función dinámica $F(t)$ como una consecuencia de valores (expresiones) de esa función en algunos momentos del tiempo en el intervalo ΔT , es decir en forma estática: $F(t) \sim F(t_1) \wedge F(t_2) \wedge F(t_3) \wedge \dots$, donde $t_1, t_2, t_3 \in \Delta T$.

La función del sistema tiene particularidades de integridad, estacionariedad y estabilidad de relaciones y estabilidad de las propiedades. Entonces en el sistema que funciona en forma real, la función recrea al mismo en algún intervalo ΔT de existencia del sistema:

$F(s_i(t_1), s_{ij}(t_1), s_{ijk}(t_1)) \rightarrow F(s_i(t_2), s_{ij}(t_2), s_{ijk}(t_2))$, donde $t_2 > t_1$ y $t_1, t_2 \in \Delta T$.

La función del sistema tiene carácter casual, por eso su estructura interior (parte izquierda) puede ser presentada como una alternativa entre las estructuras posibles para la misma configuración de las relaciones exteriores (parte derecha). Entonces la estructura interior más probable puede ser presentada como esperanza matemática $M[F]$ y su límites como la dispersión $D[F]$. Es posible presentar el funcionamiento de los sistemas naturales no orgánicos (el sistema solar, el átomo) como reproducción de las relaciones interiores del sistema. El funcionamiento de los sistemas naturales orgánicos se puede presentar como adaptación de las relaciones interiores a las relaciones exteriores (por ejemplo, la homeostasis del organismo). Los ejemplos 4 y 5 citados debajo ilustran el funcionamiento de los sistemas.

Ejemplo 4. El análisis de funcionamiento de los sistemas de gestión automáticos [20].

Ejemplo 5. El análisis de funcionamiento de una empresa estatal [1,3,4,21].

El concepto y algoritmo abstracto de degradación y descomposición de los sistemas.

La existencia del sistema significa la realización de su función con condiciones, que significa algunas limitaciones para todas las características y relaciones:

$s_i = \text{const}$ (propiedades del sistema son permanentes por definición);

$s_{ij}^* \leq s_{ij} \leq s_{ij}^{**}$ (las características son limitadas por debajo (*) y por arriba (**)); etc.

Por la hipótesis II, la causa común del final de la existencia del sistema es su función y las condiciones de funcionamiento. Entonces, la violación del equilibrio de la función o de sus condiciones inicializa la degradación y la descomposición del sistema. Como inicio del algoritmo de análisis de degradación y descomposición del sistema se usa el problema con un sistema, definido en el estadio de investigaciones del sistema. Se verifican los límites de todos los argumentos de la función y después se verifica la estabilidad de la función en forma entera. Por ejemplo, la estabilidad de los sistemas de gestión automáticos está estudiada por la teoría de estabilidad con las herramientas matemáticas correspondientes. La estabilidad de los sistemas de gestión automática está definida por su estructura funcional interior, o por su movimiento libre. El movimiento libre del sistema lineal está descrito por una ecuación diferencial homogénea. La parte dependiente del $y(t)$ depende de la acción exterior $x(t)$ y no influye a la estabilidad del sistema. En este caso se citan a continuación los ejemplos 6, 7 y 8 y la bibliografía de referencia.

Ejemplo 6. El análisis del sistema natural inorgánico (sistema solar) [21].

Ejemplo 7. El análisis del sistema natural orgánico (la biósfera) [8,18,21].

Ejemplo 8. El análisis del sistema artificial (de una central de energía atómica) [11].

El concepto y algoritmo abstracto de la evolución cíclica de los sistemas.

La evolución cíclica es la prolongación de la evolución simple en la dirección del cambio (aumento o disminución) del nivel de estabilidad y estacionariedad de sistema. La función del sistema nace por interconexión del sistema, su base y su medio exterior y sus posibilidades están definidas por la estructura interior, por eso el nivel de estacionariedad y estabilidad del sistema depende de sus relaciones exteriores y de la estructura interior. La función es más estable si se ha construido más

variable la estructura interior o si han tomado en consideración mayor cantidad de propiedades, características y valores.

La evolución cíclica orientada al objetivo de los sistemas orgánicos y artificiales está definida por las condiciones existentes en la Tierra y en el Sol. Para los sistemas inorgánicos, como el sistema solar, tales condiciones están ausentes o no tienen significado o no se conocen. Para los sistemas inorgánicos, tal como un átomo las condiciones existentes definen su evolución cíclica, como repetición de las evoluciones simples. La forma común de evolución cíclica de sistema es una consecuencia de sus estados estables e inestables [5]. Se puede consultar la bibliografía citada debajo a fin de ver los ejemplos 9 y 10 que se describen.

Ejemplo 9. La interpretación en sistemas de la teoría de evolución de Darwin [2,14].

Ejemplo 10. El pronóstico de los sistemas de computación [22].

CONCLUSIONES

El análisis de la bibliografía, de las investigaciones teóricas y de las aplicaciones prácticas muestran que el análisis de los sistemas, con el concepto de sistemas como una colección de propiedades con una sola función, es aplicable y efectivo en la investigación de los sistemas de todo tipo y en todos los estadios de su vida. Es posible investigar los sistemas en empresas (tecnológicos, económicos, financieros, de gestión), los sistemas informáticos, macroeconómicos, ecológicos, etc. Cada ciencia tiene sus propios sistemas y el análisis de sistemas permite estudiarlos en forma unificada. De este modo se pueden comparar los sistemas de diferentes tipos y orígenes y usar los resultados de los estudios realizados en una ciencia para aplicarlos en otra.

TRABAJOS FUTUROS

De acuerdo a lo antedicho, se piensa investigar diferentes aspectos que hacen a los sistemas. Se tomará el caso de una organización con problemas de índole tecnológico o informática, comenzando por la representación del problema que se desea resolver, la dependencia del mismo con los factores internos y externos al propio sistema, pasando luego a la simulación del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Análisis de la actividad financiera comercial de empresas. Moscú, "Finansi i Statistika", 1988.
2. Darwin Charles. El origen de las especies. Moscú, "Selhozizdat", 1952.
3. Demchenkov V.S., Mileta V.I. Análisis de sistemas en la actividad de la empresa. Moscú, "Finansi i Statistika", 1990.
4. Economía del mercado. Moscú, "Somintek", 1992.
5. Evin I.A., Yablonskii A.I. Modelo de evolución y la teoría de catástrofes. En la Revista de la Academia de Ciencias de URSS "Investigaciones en sistemas", Moscú, "Nauka", 1982.
6. Gindikina S.G. Álgebra lógica en ejercicios. Moscú, "Nauka", 1972.
7. Ivs G., Niusom K.V. Lógica matemática y filosofía de la matemática. Moscú, "Znanie", 1968.
8. Kairukshtis L. Una alternativa de la evolución regional con balance ecológico. En la Revista de la Academia de Ciencias de URSS "Investigaciones en sistemas", Moscú, "Nauka", 1988.
9. Klini S.K. Lógica matemática. Moscú, "Mir", 1973.
10. Kolmogorov A.N., Fomin S.V. Elementos de la teoría de funciones y del análisis funcional. Moscú, "Nauka", 1981.
11. Korolev V.V. Sistemas de gestión y defensa de las plantas atómicas. Moscú, "Energoatomizdat", 1986.
12. Latotin L.A., otros. Lógica matemática. Minsk, "Visheishaya Shkola", 1991.
13. Lipsits I.V. Plan de negocio como el fundamento de la suerte. Moscú, "Máshinostroenie", 1993.
14. Malinovskii A.A. La lógica del Darwinismo en sistemas. En la Revista de la Ac. Ciencias de URSS "Priroda", 10, 1983.
15. Popirin L.S. Modelos matemáticos y optimización de las plantas atómicas. Moscú, "Nauka", 1984.
16. Rapoport A. Aspectos matemáticos del análisis abstracto de los sistemas. En Revista "Investigaciones por la teoría general de sistemas", Moscú, "Progress", 1969.
17. Sachkov Y.V. Probabilidad en la evolución de las investigaciones en sistemas y estructuras. En la Revista de la Academia de Ciencias de URSS "Investigaciones en sistemas", Moscú, "Nauka", 1969.
18. Starostin B.A. El concepto de sistemas, los parámetros y complejidad de los objetos biológicos. En la Revista de la Academia de Ciencias de URSS "Investigaciones en sistemas", Moscú, "Nauka", 1974.
19. Ventsel E.S. Teoría de probabilidades. Moscú, "Nauka", 1969.
20. Voronov A.A. Teoría de gestión automática. Moscú, "Vischaya Shkola", 1986.
21. Zubenko Y. D. Análisis de sistemas. Universidad Estatal Técnica de Donetsk, Ucrania. 1995.
22. Zubenko Y.D., Iliin A.A. Optimización de resolución de las tareas en una empresa. Moscú, 1977.