

CIBERNÉTICA PARA LA ECONOMÍA PLANIFICADA: EL PROTAGONISMO DE LA ENTROPÍA EN LA PLANIFICACIÓN SOVIÉTICA TARDÍA

Diana Kurkovsky West





NOTA DEL TRADUCTOR: Esta traducción se ha apoyado en su versión inglesa publicada originalmente en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0952695119886520>. Asimismo, cabe mencionar que el concepto, usado en la versión original, de “command economy”, cuya traducción directa al castellano es “economía dirigida” o “economía de mando”, ha sido traducido simplemente como “economía planificada”, ya que este es el concepto que suele utilizarse en nuestro idioma.

Resumen

La Unión Soviética tuvo una larga y compleja relación con la cibernética, especialmente en el ámbito de la planificación. Este artículo examina los esfuerzos soviéticos de posguerra para elaborar planes para la Siberia en rápido desarrollo, industrialización y urbanización, donde se utilizaron modelos cibernéticos para desarrollar una visión del socialismo cibernético. Alejados de la burocracia y la política de Moscú, los diversos institutos de planificación de la Academia de Ciencias de Siberia se convirtieron en una frontera clave para explorar el potencial del pensamiento cibernético para ofrecer un correctivo necesario a la planificación soviética. Los investigadores que allí se encontraban propusieron una visión de una economía soviética dinámica gestionada a través de subsistemas parcialmente automatizados que, aunque descentralizados, otorgarían al aparato de planificación central flexibilidad, capacidad de emergencia y solvencia general ante los factores cada vez más complejos que debían ser considerados.

Palabras clave: planificación central, modelización matemática dinámica, historia de la planificación, Academia de Ciencias de Siberia, historia soviética.

El innovador libro de Nikolai Veduta *Economic Cybernetics*, publicado en 1971, abogaba por el uso generalizado de métodos cibernéticos en la planificación de la producción, la gestión y la organización general de la economía soviética (Veduta, 1971). Veduta estaba íntimamente familiarizado con los problemas de la economía planificada soviética: desde la década de 1950, había trabajado estrechamente con científicos del Instituto Central de Economía y Matemáticas (CEMI) de la Academia de Ciencias de la URSS, desarrollando una dirección pionera de investigación en el ámbito de la cibernética económica junto a figuras famosas como Vasily Nemchinov y Nikolai Fedorenko. Entre 1962 y 1967, dirigió el Instituto Central de Investigación de Gestión Técnica (CRITM), donde se le encargó la creación del primer sistema de control automático de la Unión Soviética para la producción de las fábricas. Trabajando en la rama bielorrusa de la Academia de Ciencias, Veduta impulsó lo que parecía una idea extraordinaria, a saber, que para funcionar, la agencia de planificación central soviética tenía que asumir el papel de un servomecanismo cibernético, dirigiendo la dirección de un sistema por lo demás complejo, dinámico y emergente.

Veduta no era el único que pensaba que la economía planificada soviética se beneficiaría de los métodos cibernéticos. Para él, y para otros defensores de los sistemas dinámicos en la planificación económica, la investigación cibernética abría nuevas posibilidades para asumir la hercúlea tarea de gestionar una economía planificada. Un simple sistema de retroalimentación informativa y directivas era insuficiente; más bien, la creciente complejidad del sistema socioeconómico soviético requería un



regulador *homeostático* capaz de evaluar las condiciones óptimas dentro de un sistema cambiante (Veduta, 1971: 34-5). La comprensión en red de cómo se relacionaban las distintas ramas de la economía soviética era clave en este proceso (ibid.: 269-75). La cibernización de la economía soviética requeriría el uso de ordenadores avanzados y métodos matemáticos de vanguardia para regular estas redes no desde ningún nodo central, sino como sistemas dinámicos y emergentes.

En los años que siguieron a la muerte de Stalin, la cibernética pasó a primer plano en los programas de planificación soviéticos. Sin embargo, los estudiosos no se ponen de acuerdo sobre hasta qué punto la planificación cibernética se impuso realmente. Tras el apogeo del campo a finales de los años cincuenta y sesenta, la cibernética fue absorbida por esa raza única de "lenguaje soviético" que dominaba las páginas de todas las publicaciones soviéticas, produciendo un discurso que el antropólogo Alexei Yurchak ha llamado "hipernormalizado" hasta el punto de la oscuridad (Yurchak, 2006: 50). La práctica discursiva del lenguaje cibernético se convirtió en lo que Slava Gerovitch denomina "lenguaje cibernético": un espacio de coproducción de enunciados ideológicos y del lenguaje de la ciencia que se asemejaba al *Newspeak* de George Orwell plasmado en su novela distópica *1984*. El Sistema Nacional Automatizado de Contabilidad (conocido por su acrónimo ruso OGAS), el proyecto cibernético más audaz para integrar e informatizar la economía planificada, nunca llegó a realizarse (Gerovitch, 2008; Peters, 2016). Hasta bien entrada la década de 1980, los ordenadores seguían siendo escasos y costosos, y pocos institutos de investigación tenían acceso a ellos. El embargo a las exportaciones del Comité de Coordinación para el Control Multilateral de las Exportaciones (CoCom) garantizaba efectivamente que la única forma en que los países del bloque soviético podían integrarse con los desarrollos occidentales en materia de computación era a través de la ingeniería inversa y la copia de los diseños del Sistema 360 y el Sistema 370 de IBM. Por todas estas razones, la cibernética parece haber desempeñado una función más retórica que práctica durante las últimas décadas de la existencia de la Unión Soviética.

¿Fue la cibernética soviética un mero ideal que nunca llegó a tener aplicaciones reales? A pesar del discurso cargado de ideología, la investigación cibernética produjo resultados tangibles, programas y marcos conceptuales. En su innovadora obra *From Newspeak to Cyberspeak*, Slava Gerovitch señaló por primera vez el aumento de los conceptos de autorregulación a finales de los años 60 y 70, con la proliferación de métodos matemáticos en la economía, en particular en el campo conocido como cibernética económica (también conocida por los nombres de *planometría* y *econometría*) (Gerovitch, 2004). Recientemente, Adam Leeds ha demostrado que este campo tenía poderosas raíces militares en la URSS, lo que llevó al desarrollo de programas de coherencia, investigación nuclear y sistemas de defensa aérea (Leeds, 2016). La investigación de Eglė Rindzevičiūtė rastrea el impacto del pensamiento cibernético en el modelado de sistemas y el uso de la analítica proyectiva (Rindzevičiūtė, 2015a, 2015b, 2016). Argumentando en contra de la opinión predominante de que los ordenadores soviéticos eran derivados y estaban por detrás de sus homólogos occidentales, la investigación de Ksenia Tatarchenko ha expuesto el alcance de los esfuerzos de informatización soviéticos llevados a cabo en las décadas de 1970 y 1980 (Tatarchenko, 2013, 2016). En este artículo, contribuyo a la creciente comprensión de los sistemas cibernéticos soviéticos tardíos al examinar el dominio marcadamente subestudiado de la planificación económica soviética tardía. Me centraré en el problema de los *complejos de producción territorial* (CPT) en Siberia, que requerían un medio para coordinar una amplia gama de factores en un sistema de planificación nacional y regional. Para ello, me centraré en los trabajos de los investigadores del Instituto de Economía y Organización de la Producción Industrial de Novosibirsk (en adelante IEOIP) -una rama de la Academia de Ciencias Soviética- en materia de modelización matemática dinámica. Su planteamiento de la modelización matemática dinámica a escala regional evidenciaba una interiorización de los conceptos cibernéticos de mediados de siglo. Se hacía eco de la articulación de Veduta de un conjunto económico gobernado cibernéticamente y compuesto por partes móviles, al tiempo que hacía suyas las tradiciones de la escuela soviética de geografía económica. También ofrecía una visión de la economía soviética como

una red de interrelaciones dinámicas, que podía dirigirse cibernéticamente hacia una homeostasis general, pero cuyo desarrollo emergente no se frenaría mediante una planificación prescriptiva.

Cibernética económica para el socialismo

Para abordar la cuestión de la planificación del TPC, primero debo situar la historia de la cibernética económica soviética como una historia en cascada, es decir, como un trabajo que no sólo tuvo lugar dentro de los institutos centrales de Moscú, sino que también "cayó en cascada" en las ramas regionales y en distintas repúblicas pertenecientes a la Academia de las Ciencias. Por lo tanto, comenzaré mi investigación con una visión general de la historia de la cibernética económica. La idea de que la Unión Soviética sería gestionada estadísticamente había sido la premisa central del primer pensamiento bolchevique, y fue la visión que subyace a la creación de Gosplan (la agencia estatal de planificación central). Con la llegada de la teoría cibernética, la gestión de toda la economía desde un ordenador central parecía de repente posible. El atractivo del pensamiento cibernético para la economía planificada quedó patente en los planes soviéticos para conectar y regular la economía a través de una red cibernética llamada OGAS, que Benjamin Peters ha analizado recientemente en su libro *How Not to Network a Nation*. El proyecto OGAS, encabezado por Viktor Glushkov, habría consistido en 20.000 centros de datos conectados a 200 centros de procesamiento intermedios, y habría introducido un alto nivel de autogobierno, transparencia burocrática e incluso algo que podríamos considerar un precursor del gobierno participativo y la ciudadanía digital. Como sostiene Peters, "aunque seguía siendo jerárquico, consintiendo a Moscú como centro, [el OGAS] estaba abiertamente orientado a los trabajadores, era antiburocrático y descentralizador en principio" (Peters, 2016: 113). Aunque el proyecto nunca se materializó del todo -y el libro de Peters descubre explicaciones convincentes sobre el estancamiento burocrático que se convirtió en la muerte final de la OGAS-, ofrecía una visión que encajaba con los ideales cibernéticos que persistían en el discurso soviético sobre la gobernanza. Glushkov, junto con una serie de eminentes matemáticos soviéticos como Leonid Kantorovich, Vasily Nemchinov y otros, propusieron una visión de la economía que se asemejaba a la gestión de una compleja red de información, en la que "todas las relaciones económicas podrían modelarse, optimizarse y gestionarse con la ayuda suficiente de los ordenadores y sus guardianes numéricos" (ibíd.: 67).

En 1960, los modelos matemáticos habían ganado destacados defensores en el nuevo campo de la cibernética económica. Las razones eran tanto políticas como pragmáticas. Stalin había hecho crecer la economía soviética a un ritmo sin precedentes, pero con métodos desmedidos, como las hambrunas que habían matado de hambre a millones de personas en Ucrania, y el uso de mano de obra de los presos para la construcción de enormes industrias, canales y presas en climas inhóspitos. Con la llegada al poder de Jruschov, el impulso político para acabar con el oscuro legado del estalinismo llevó a los nuevos dirigentes a favorecer las nociones de una profunda reforma económica. En este sentido, la explosión de la informática, la teoría cibernética y el cambio de clima político en la URSS fueron felizmente concurrentes. Gran parte de la investigación de Kantorovich sobre la programación lineal para equilibrar algorítmicamente variables complejas y en competencia -investigación por la que recibió el Premio Nobel en 1975- ya había tenido lugar en la década de 1930, y por lo tanto no puede decirse que se vincule directamente con el advenimiento de la cibernética. Más bien, parece que las complejas exigencias de gobernar una vasta economía planificada requerían el tipo de pensamiento algorítmico que se defendía y reificaba en la teoría cibernética, y que sería especialmente adecuado para el análisis asistido por ordenador. De hecho, varios de los actores clave de la cibernética económica, entre ellos Veduta, Nemchinov, Fedorenko y otros, expresaron ideas similares sobre la investigación matemática y económica de los años 20 y 30, y esto, junto con las preocupaciones

pragmáticas de los que trabajaban "sobre el terreno" en las industrias soviéticas, condicionó la planificación soviética en la dirección del pensamiento cibernético.

Con gran apoyo de Kantorovich, el economista-matemático Vasili Nemchinov desempeñó un papel clave en el desarrollo de la escuela soviética de cibernética económica. En 1958 fundó en Moscú el primer laboratorio de modelización económico-matemática, que sentó las bases para la creación en 1963 del CEMI en el seno de la Academia de Ciencias. Combinando los métodos cibernéticos con la tarea de la optimización económica algorítmica, la investigación de Nemchinov se basó en la idea de los equilibrios interindustriales (conocidos por su acrónimo ruso MOB, o *mezh-otraslevye balansy*), que también tenía una gran deuda con el economista ruso-estadounidense ganador del Premio Nobel Wassily Leontief y su modelo de entrada-salida de las dependencias intersectoriales (Leontief, 1986[1951]).

Gracias en gran parte a los esfuerzos de Kantorovich, Nemchinov, Nikolai Fedorenko y otros, surgió una amplia red de institutos dedicados específicamente a la investigación de la cibernética económica, que trabajaban principalmente en el desarrollo de un sistema de planificación óptima basado en el análisis matemático. Al mismo tiempo, el creciente sistema de balances interindustriales, basado en los conceptos de programación lineal de Kantorovich, garantizaba que la Oficina Central de Estadística modelara las tendencias de la demanda y el equilibrio del trabajo. Al mismo tiempo, los soviéticos se preocupaban por las tendencias globales de modelización; como demuestran las investigaciones de Eglè Rindzevičiūtė, los científicos del Centro de Informática y del Instituto de Análisis de Sistemas (VNIISI), ambos con sede en la Academia de Ciencias de toda la Unión Soviética en Moscú, participaban activamente en organizaciones internacionales como las Naciones Unidas y el Instituto de Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) en Austria. Fedorenko, el fundador del CEMI, también era miembro del Club de Roma, y asistió a los congresos económicos de 1965 en Roma (Rindzevičiūtė, 2015b). Esto aseguró que los principales científicos soviéticos estuvieran familiarizados con las investigaciones realizadas en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) por Jay Forrester en materia de dinámica de sistemas, así como con el ampliamente conocido y muy criticado *Informe sobre los Límites del Crecimiento*, el llamado modelo informático de la "curva del Juicio Final" que predecía el agotamiento de los recursos mundiales para el año 2072. Los autores del modelo informático y del informe, entre ellos Donella y Richard Meadows y Forrester del MIT, fueron invitados a hacer una gira por la Unión Soviética, y Meadows realizó más de 20 viajes posteriores a la URSS (ibíd.: 5). Volveré a hablar de *Los límites del crecimiento* más adelante en este artículo, ya que los investigadores del IEOIP ofrecieron una crítica cibernética del problema del agotamiento de los recursos.

Al escribir sobre el uso soviético de la cibernética en las ciencias sociales en la década de 1970, David Holloway señaló que el periodo de optimismo inicial sobre la creación de un sistema informático altamente centralizado para la gestión de la economía había durado poco, y que los investigadores de los distintos institutos (incluido el IEOIP de Siberia) se habían dado cuenta de que la potencia de procesamiento necesaria para que el ordenador central pudiera hacer frente a la cantidad de información a la que se enfrentaba Gosplan era de órdenes de magnitud superiores a lo que era plausible en aquel momento. Esto hizo que los economistas cibernéticos avanzaran en el modelo de toma de decisiones descentralizada. Por un lado, la planificación central sería "necesaria para realizar cambios estructurales en la economía, para determinar sus proporciones básicas y para fijar los parámetros que regulan el comportamiento de las unidades de nivel inferior" (Holloway, 1976: 115). Sin embargo, por otro lado, era necesario un gran grado de autogobierno en el nivel inferior para no abrumar al aparato de planificación central. Este interés por utilizar la cibernética no para controlar la economía soviética a todos los niveles, sino para establecer los parámetros generales de la gobernanza económica, se convirtió en una característica importante y en gran medida no estudiada de la planificación soviética tardía. Este sentimiento es evidente en la investigación de optimización del

TPC, que abogaba por la creación de subunidades optimizadas territorialmente dentro del sistema más amplio de producción soviético.

Geografía económica y planificación del TPC

La cibernética económica consideraba el aspecto de la producción y el consumo, pero los retos económicos soviéticos sólo empezaban ahí. ¿Cómo localizar las industrias, desarrollar las regiones y construir las viviendas, optimizando al mismo tiempo las relaciones económicas entre ellas a nivel interno, regional y nacional? Esta pregunta ya había sido planteada por Vladimir Lenin a la Academia de Ciencias en 1918, y había surgido como una problemática clave para su famoso plan de electrificación GOELRO (*gosudarstvennaia elektrifikatsiia Rossii*, o electrificación estatal de Rusia), que fue la base del esquema de planificación quinquenal del Gosplan. Siguiendo los imperativos de la electrificación, Gosplan dividió el país en regiones económicas, y en la década de 1920 surgió una nueva disciplina científica que se ocupaba de optimizar las estructuras económicas de las regiones frente a la economía planificada nacional, y que llevaba el nombre de geografía económica. Dos líderes en la vanguardia del desarrollo de la escuela soviética de geografía económica en la década de 1920 fueron Nikolai Baranskii y Nikolai Kolosovskii. Baranskii había estudiado a fondo la planificación regional alemana, e intentó que sus colegas soviéticos se interesaran por los trabajos de Alfred Weber y su teoría general de la localización industrial basada en la disponibilidad de recursos (Weber, 1957[1909]), y por la teoría del lugar central de Walter Christaller, que sostenía que todos los patrones de asentamiento humano podían entenderse como un sistema de "lugares centrales" y las áreas a las que dan servicio (Christaller, 1966). Defendió un modelo de geografía económica soviética "basado en los distritos", cuyas teorías se definieron en las décadas de 1920 y 1930 a partir de la teoría marxista de la economía política. La *raionnaia shkola ekonomicheskoi geografii*, o escuela de geografía económica basada en los distritos, dividía el país en distritos (*raiony*) de acuerdo con sus sistemas de energía, transporte e industria. En 1929, Baranskii estableció el primer programa universitario para el estudio de la planificación basada en los distritos en la Facultad de Física y Matemáticas de la Universidad Estatal de Moscú, y a principios de la década de 1930, la planificación basada en los distritos se convirtió en el único programa de planificación económica e industrial aceptado en la Unión Soviética (véase Solov'iev y Solov'ieva, 1978).

Aunque durante las décadas de 1920 y 1930 surgieron en la URSS varios grandes complejos industriales, la noción de complejo territorial-productivo como unidad geográfica no se articuló hasta finales de la década de 1940 en las publicaciones de Kolosovskii. Esto supuso una importante modificación en el estudio de la geografía económica; mientras que este campo se había ocupado en gran medida de optimizar la geografía administrativa y las economías regionales interdistritales, los CPT tenían como objetivo maximizar la productividad económica mediante la vinculación de industrias relacionadas en una región industrial específica. Unidas por el uso compartido de recursos naturales, que Kolosovskii denominó "ciclos de producción de energía", las industrias debían situarse en la proximidad de los recursos en cuestión, y sus horarios y usos debían coordinarse para maximizar la eficiencia y minimizar los costes de operación y transporte (Kolosovskii, 1969[1929]). Mediante el uso de infraestructuras compartidas, los TPCs optimizarían la eficiencia en cada región económica, además de permitir la diversidad económica necesaria para su sostenimiento. También se pretendía fomentar la máxima cooperación entre las distintas plantas de producción e industrias. Los objetivos de la planificación económica central dominaban la lógica del desarrollo regional, mientras que cada TPC debía mantener una estructura económica optimizada que supusiera una carga mínima para los recursos nacionales, al tiempo que proporcionaba la máxima producción para el bien del Estado (ibíd.: 186).

No toda conexión de dos o más industrias constituye un complejo, o *kombinat*. Sólo las industrias planificadas en los términos globales expuestos anteriormente -es decir, claramente interconectadas y dependientes de los recursos de otras industrias relacionadas- encajan en esta designación. Además, eran cualitativamente diferentes de las ciudades capitalistas de empresas multi-industriales propiedad de los productores, como la capital del chocolate de Hershey, Pennsylvania, o Alberta, Michigan, que albergaba la famosa fábrica de automóviles Ford, viviendas para los trabajadores, tiendas y otros servicios. Para Kolosovskii, éstas existían principalmente para ampliar los monopolios sobre las industrias en cuestión, y no servían a las economías regionales ni nacionales (Kolosovskii, 1969[1929]: 214-15). Por el contrario, un complejo productivo-territorial socialista era "una agrupación de plantas industriales que proporcionaba un efecto económico excedente aprovechando las fuerzas naturales de producción y las conveniencias de las situaciones económicas, geográficas y de transporte, manteniendo al mismo tiempo un objetivo de planificación específico" (ibíd.: 219-20). Este efecto excedente sólo sería posible en las condiciones de la planificación central socialista, donde la ubicación y la relación óptimas entre los componentes de cada TPC podrían utilizarse para aumentar la productividad económica de toda la nación. Esto también significaba que la planificación del TPC requería el uso de matemáticas excepcionalmente sofisticadas, lo que reforzaba aún más la inclinación algorítmica de la teoría económica soviética.

Kolosovskii murió en 1954, y gran parte de su trabajo sobre la división económica en distritos se publicó póstumamente. No había sido objeto de las represiones políticas de Stalin, como muchos economistas, pero sus teorías parecieron ganar importancia con la reactivación de la posguerra de los planes de industrialización de Siberia, incluida la construcción de líneas ferroviarias, el desarrollo de la enorme presa de Bratsk y el crecimiento de las industrias de la región. Entre 1931 y 1936, Kolosovskii había trabajado en un proyecto de planificación de la rápida expansión industrial en la región cercana al lago Baikal, haciendo recomendaciones a Gosplan sobre la industrialización de la región. Así pues, aunque sus investigaciones empíricas se llevaron a cabo sobre todo durante su trabajo en Siberia en las décadas de 1920 y 1930, su teoría del regionalismo económico fue ampliamente leída y considerada al mismo tiempo que la cibernética ganaba adeptos en el establishment científico soviético. En los años que siguieron a la muerte de Stalin, en 1953, los esfuerzos de "desestalinización" de Jruschov significaron una enorme revitalización política del proyecto soviético: Krushchev trató de debilitar la burocracia estatal central dispersando los ministerios industriales en Moscú y sustituyéndolos por consejos económicos regionales llamados *sovmarkhozy*. Junto a estos esfuerzos se publicaron obras de geógrafos económicos anteriores, y las dos principales contribuciones teóricas de Kolosovskii vieron la luz en 1958, el mismo año que la traducción al ruso de la *Cibernética* de Norbert Wiener.

El hogar siberiano de la cibernética económica

Jruschov fue derrocado en 1964, y su sucesor, Leonid Brezhnev, revirtió varias de sus reformas de descentralización. Sin embargo, la necesidad de un gobierno central de una economía en crecimiento hizo que continuara el impulso de los métodos cibernéticos en la planificación económica y regional. No es casualidad que el interés por la planificación regional integral a escala masiva de un TPC se produjera en un momento en que la administración de Brezhnev se centraba en alcanzar y explotar los vastos recursos naturales de Siberia y el Lejano Oriente ruso. El enorme proyecto de construcción de la línea principal Baikal-Amur, diseñado para conectar complejos industriales estratégicos mediante un ferrocarril de más de 3.000 km de longitud, fue una de las iniciativas clave de Brezhnev para ampliar el acceso a los ricos recursos de Siberia. Con el rápido crecimiento industrial en torno a industrias clave como los yacimientos petrolíferos de la región de Middle Ob', o las

centrales hidroeléctricas de Bratsk, Krasnoiarsk, Irkutsk y otras, el establecimiento de un enlace ferroviario con estos lugares se convirtió en una cuestión de importancia nacional. Además, el rápido crecimiento de la población en los nuevos centros industriales reforzó la necesidad de una planificación a gran escala que pudiera integrar la vivienda, la industria, el transporte y el crecimiento económico en un único esquema.

Novosibirsk, que antes era una simple aldea, se convertiría en un semillero estratégico para el desarrollo soviético en computación y cibernética, fomentando una nueva "ciudad científica" y universitaria llamada Akademgorodok. Símbolo de la desestalinización, Akademgorodok prometía internacionalismo, representando una ruptura con el dominio de Moscú sobre la investigación científica, y una nueva "ventana a Occidente" para la ciencia soviética (Tatarchenko, 2013). En la Universidad Estatal de Novosibirsk (NSU), el Departamento de Economía abrió sus puertas en 1962, matriculando a la primera hornada de estudiantes para estudiar la única especialidad que se ofrecía entonces: cibernética económica. El defensor más destacado de la URSS en este campo, el autor de la teoría de la programación lineal, ganadora del Premio Nobel, Leonid Kantorovich, dirigió la división matemático-económica del Instituto de Matemáticas de la NSU, trasladándose a Novosibirsk en 1960 desde su prestigioso puesto en la Universidad Estatal de Leningrado y el Instituto Steklov de la Academia de Ciencias. Kantorovich fue el autor del programa educativo de estudios económicos en la NSU.

Mientras tanto, el ávido defensor de la cibernización Nemchinov conspiró para formar un tipo de instituto de investigación imposible de mantener en Moscú debido a las posturas burocráticas y al conservadurismo: el IEOIP. Aunque Nemchinov no pudo dirigir el instituto él mismo, supuestamente debido a dificultades con su salud, reclutó a jóvenes investigadores y científicos afines a los principios de la cibernética económica para que diseñaran el programa de investigación de la nueva organización. Abel Aganbegian - ahora un destacado profesor de economía, y entonces un joven economista que no llegaba a los treinta años - se convirtió en el jefe de la división de investigación económica del IEOIP, y tres años más tarde, al recibir su doctorado en la materia, se convirtió en director del instituto. En una entrevista de 1998, Aganbegian habló del singular entorno de investigación que se estaba creando en Siberia durante esa época, destacando el énfasis en la teoría de sistemas y la computación para la planificación económica:

En Moscú, ningún instituto académico fuera del CEMI disponía de tecnología informática. Desde el principio, tuvimos un edificio especial construido para grandes ordenadores. Y junto a él estaba el Centro de Cálculos de la División de Siberia. Allí teníamos capacidades que nadie tenía en Moscú. (Aganbegian, 1998)

El IEOIP contaba con un amplio equipo de investigadores (unos 1.000) que trabajaban en el ámbito de la automatización de los sistemas de gestión, mientras que los trabajos de modelización de los sistemas dinámicos constituían la base de los programas de investigación de los distintos departamentos. El estudio de la dinámica de los sistemas tenía sus raíces en un enfoque sistémico de la economía soviética, y estaba muy relacionado con la cibernética económica en general. Los esfuerzos por predecir y calcular los comportamientos de sistemas grandes y complejos eran fundamentales: "desarrollamos un modelo económico dinámico entre ramas, que utilizamos para calcular el desarrollo económico futuro... Podíamos contar lo que ocurriría si Siberia frenaba su desarrollo en un 1%, y cómo repercutiría eso en el crecimiento económico de todo el país" (Aganbegian, 1998). Dado que el desarrollo económico de Siberia era clave en la agenda soviética de la época, la rama del instituto que se ocupaba de los TPC y del desarrollo industrial se convirtió en un actor importante. Encargado específicamente de abordar las exigencias del desarrollo industrial en Siberia, el IEOIP se convirtió en un lugar crítico para el desarrollo de planes regionales para los TPC siberianos.

Modelos matemáticos dinámicos

Las publicaciones que surgieron del IEOIP a partir de finales de los años setenta tenían como objetivo, sobre todo, desarrollar una modelización matemática dinámica para la planificación regional. En consonancia con el discurso cibernético, sus autores concebían la planificación como un proceso de optimización que requería modelos dinámicos y abiertos que pudieran adaptarse al cambio, y que debían ser de naturaleza probabilística (Bandman, 1985). Reconociendo la complejidad estructural de los diversos elementos que componían un único CPT, los investigadores propusieron que la atención no debía centrarse en la multiplicidad de componentes -suponiendo que uno pudiera simplemente introducir nuevos elementos en el algoritmo de optimización- sino en la "variedad de sus interrelaciones y, lo que es particularmente importante... las diferencias en su papel y regularidad en la configuración de la creación y el funcionamiento del CPT" (ibíd.: 13). En otras palabras, había que considerar que categorías como los recursos locales, la producción, los bienes y la población existían simultáneamente dentro de varias redes, a muchas escalas, incrustadas en varias economías y, por tanto, en un sinfín de complejas relaciones entre sí. Mark Bandman, un conocido geógrafo económico y jefe del departamento de modelización de CTP del IEOIP, sugirió a su vez que había que examinar las interdependencias entre varios CTP como fuerza unificadora, creando no lugares o centros centrales, sino un sistema de interconexiones que se basaba en el uso conjunto de recursos e infraestructuras en una región determinada (ibíd.: 18). En una publicación titulada *Regional Development in the USSR*, Bandman y su equipo de investigadores esbozaron los retos de la optimización de los TPC, que también expresaban la necesidad de métodos basados en la computación para modelar el sistema de TPC:

1. complejidad estructural
2. interdependencia compleja en la formación y el funcionamiento
3. apertura en el funcionamiento
4. dinamismo
5. la incertidumbre y el carácter probabilístico. (ibíd.: 13)

La noción de que los CPT debían contener una "apertura en el funcionamiento", un "dinamismo" y un elemento de incertidumbre era radicalmente diferente de cómo se concibe generalmente la planificación soviética. La propia programación de un CPT -es decir, el hecho de que cada complejo contuviera diferentes tipos de industrias en distintas geografías- excluía la posibilidad de una solución única y optimizada determinada por Gosplan. La complejidad que requería la gestión de las relaciones espaciales de las distintas industrias se complicaba aún más por la necesidad de que surgieran en el tiempo.

Sin embargo, la cuestión de establecer un modelo dinámico capaz de correlacionar el espacio y el tiempo no fue un reto sencillo. Para ello, los planificadores del IEOIP tuvieron que determinar qué elementos específicos de un TPC serían más propensos a cambiar. Además, tenían que reconocer que los desarrollos infraestructurales podrían dar lugar a nuevos descubrimientos de recursos naturales y repercutirían en las regiones adyacentes al TPC en cuestión. Por lo tanto, los modelos deben tener en cuenta el dinamismo de los vínculos externos y ser capaces de representar el proceso de adaptación de un solo complejo a los cambios en todo el sistema siberiano de TPC, así como los sistemas de los TPC



individuales" (Bandman, 1985: 23). Por tanto, los cálculos debían incluir un elemento de probabilidad. La incertidumbre y la falta de información adecuada a la hora de construir en tierras fronterizas creaban "zonas de decisiones óptimas inciertas", lo que exigía que los resultados del análisis económico-matemático se revisaran continuamente junto con la información más reciente disponible.

El lenguaje cibernético de redes resultante de esta investigación fue notable. La posibilidad misma de este tipo de planificación probabilística y emergente del CPT dependía de la disponibilidad de información continuamente actualizada como vínculo entre los aspectos espaciales y temporales de la modelización de la optimización. A medida que se introducían nuevos datos en el aparato analítico, los detalles de la estructura organizativa podían cambiar, pero el propio CPT debía seguir siendo una unidad geo-económica coherente:

Así pues, los datos se acumulan y perfeccionan etapa por etapa durante la modelización previa al plan, empezando por las limitaciones impuestas al desarrollo por las políticas socioeconómicas soviéticas de toda la Unión. A continuación, hay que utilizar información tanto de la etapa de investigación anterior como de los indicadores espaciales y sectoriales específicos adecuados a la etapa de investigación en cuestión. (Ionova y Malinovskaia, 1985: 43)

Imaginado como una especie de sistema de aprendizaje profundo *avant la lettre*, el aparato de planificación no solo recogería y procesaría datos, sino que tomaría decisiones progresivamente mejores sobre cómo gobernar estos sistemas dinámicos. El flujo continuo de datos sería clave para que el sistema funcionara, y a medida que los datos se actualizaran, también seguirían influyendo en los planes específicos. Kantorovich había señalado la importancia de la transición a los modelos dinámicos para la planificación cibernética, destacando el trabajo de los institutos siberianos como la Universidad Estatal de Novosibirsk, donde era profesor, y argumentando que este trabajo estaba todavía en sus fases iniciales, ya que el dinamismo real inherente al desarrollo a lo largo del tiempo era probablemente mayor que el que recogían estos primeros modelos (Kantorovich, 1965). Sin embargo, para mejorar la modelización se habrían necesitado unas capacidades de procesamiento de datos mucho mayores que las disponibles en cualquier otro lugar del mundo en aquella época.

Aunque la investigación sobre la optimización del TPC se estaba llevando a cabo en las regiones remotas de reciente industrialización, el gobierno soviético la señaló como una de sus principales prioridades, y siguió haciéndolo hasta bien entrada la década de 1980. El 26º Congreso del Partido Comunista de 1981 instó a los planificadores soviéticos a "garantizar la mejora de la localización de las fuerzas industriales para aumentar la eficacia de... la producción sobre la base de una mayor especialización y el desarrollo proporcional de las repúblicas y regiones económicas de la Unión en un único complejo económico" (Partido Comunista de la Unión Soviética, 1981: 184). Dado que la ubicación y la organización de la industria para el bien de todo el país era el objetivo principal de este mensaje, la relación crítica entre la optimización espacial y la económica se encontraba en el centro de la planificación del TPC. La optimización debía producirse a varias escalas: dentro del propio CPT, la relación del CPT con los complejos industriales vecinos y la economía nacional en general. Teniendo en cuenta la idea de que la producción regional debe beneficiar, ante todo, a la economía nacional, podría parecer paradójico que las preocupaciones medioambientales locales empezaran a dar forma al discurso de planificación del TPC. El tira y afloja entre los planes nacionales y las prioridades locales no fue una característica accidental de la descentralización, sino que se consideró precisamente como el tipo de problema que podía resolverse cibernéticamente. En la siguiente sección, utilizaré el ejemplo del movimiento ecológico de la URSS para ilustrar cómo el modelado dinámico del TPC buscaba resolver los retos a nivel macro de proporciones nacionales e incluso globales.

Hacia una ecología cibernética

Es importante mencionar aquí que la tardía expansión soviética fue un momento importante para el incipiente movimiento ecologista (Josephson, 1992; Ward, 2009; Weiner, 1999). La construcción de la línea principal del Baikal-Amur, que se llevó a cabo con gran fanfarria pública, también aumentó la concienciación sobre los frágiles ecosistemas de Siberia, ya que los trabajadores de la construcción fueron testigos de la diezma del "territorio virgen" alrededor de la línea principal. En particular, un influyente grupo de líderes de la organización nacional de jóvenes comunistas llamada Komsomol y el Ministerio de Construcción de Transportes de la URSS cuestionaron el impacto del proyecto en la ecología de este vasto territorio. La línea principal en sí era sólo una parte del problema, pero representaba una crisis mucho más profunda, ya que la propia noción de crear rutas de transporte para "cosechar" la riqueza material de Siberia y el Lejano Oriente implicaba una creciente industrialización en estos territorios. Cabe destacar aquí la Comisión Medioambiental del Lago Baikal, que acusó a los responsables de las industrias química, papelera, energética y pesquera de no proteger el lago más grande del mundo, su cuenca y el río Angara de las toxinas y contaminantes medioambientales (Ward, 2009: 21). La comisión siguió ocupándose activamente de los problemas medioambientales relacionados con la línea principal, y en 1979 acusó a dos empresas asociadas, la fábrica de locomotoras Buriat y la fábrica de aviación R-6759, de contaminar el río Uda con petróleo y metales pesados (ibíd.: 22-3). Otras industrias asociadas siguieron contaminando las tan célebres aguas prístinas del Baikal; el tráfico lacustre agravó el problema, mientras que la escorrentía de la cercana construcción del túnel de Severomuisk agravó aún más la situación.

Algunos de los trabajos de la Universidad Estatal de Novosibirsk estaban orientados a calcular el impacto económico de los proyectos más audaces y ecológicamente notorios de la URSS. Por ejemplo, un grupo de investigadores trabajó para calcular la ventaja económica potencial de una de las ideas más atroces: el llamado Proyecto de Inversión del Río del Norte, que pretendía desviar el caudal de los ríos siberianos para regar los territorios de Kazajstán (Aganbegian, 1998). La historia de los esfuerzos de modelización aún está por contar, pero es importante señalar que los métodos de modelización económica y matemática probablemente tuvieron un papel importante en la paralización de esta desastrosa propuesta en la década de 1980. Entre los investigadores que trabajaban en el área de la optimización del TPC, una generación de jóvenes académicos buscaba desplegar conceptos de la cibernética económica para avanzar en una nueva agenda medioambiental en la planificación del TPC. Creían que una intervención oportuna en el esfuerzo de planificación beneficiaría a la nación en su conjunto, pero, sorprendentemente, también reconocían que los imperativos de la producción nacional podían entrar en conflicto con los problemas locales de salud y calidad de vida.

Una de estas investigadoras es digna de mención. Olga Burmatova, que sigue publicando y enseñando en Novosibirsk, se doctoró en la Universidad Estatal de Novosibisk, estudiando en la facultad de cibernética económica, antes de conseguir un puesto de investigadora postdoctoral en el IEOIP bajo la dirección de Mark Bandman. Su trabajo se centró específicamente en abordar los problemas ecológicos de la industrialización. En una monografía de 1983, de la que es coautora formalmente con Bandman como director del instituto, argumentó que los modelos existentes de optimización del TPC no estaban preparados para calcular el impacto medioambiental de las actividades industriales (Burmatova, 1983: 3). Mediante una combinación de investigación empírica y contribución teórica, Burmatova se propuso ofrecer un modelo ecológicamente inclusivo que también sirviera de crítica tácita a la toma de decisiones de arriba abajo en la planificación soviética.

En el proceso, Burmatova también entabló una polémica con otro modelo importante de la época: el modelo cuantitativo de crecimiento tecnológico ofrecido en la publicación de 1972 *El informe sobre los límites del crecimiento*, de Donella Meadows, Dennis Meadows, Jorgen Randers y William W. Behrens, III. Patrick McCray ha argumentado que el modelo y el informe sobre los límites del crecimiento "fueron la culminación de una creciente ambivalencia, confusión y pesimismo sobre el futuro y el lugar que ocupa la tecnología en él" (McCray, 2013: 20). En representación del creciente reconocimiento de la época de los recursos limitados del planeta y del rápido ritmo de agotamiento de los recursos, el modelo generado por ordenador que se proponía en el libro se conoció popularmente como "una curva informática hacia el día del juicio final" (ibíd.: 32). *Los límites del crecimiento* utilizaron cinco variables para plantear un modelo de crecimiento exponencial del agotamiento de los recursos frente a los recursos finitos disponibles en el mundo: la población mundial, la industrialización, la contaminación, la producción de alimentos y el agotamiento de los recursos (Meadows *et al.*, 1972). Al desarrollar lo que llamaron el índice de reserva exponencial, los autores argumentaron que, suponiendo un crecimiento del consumo a una tasa constante del 2,6% cada año, el mundo se quedaría sin recursos en aproximadamente 100 años. Sin embargo, Burmatova sostuvo que *Los Límites del Crecimiento* ofrecía un escenario demasiado grave y no abordaba adecuadamente el dinamismo inherente al sistema global de recursos. En cambio, sugirió que los problemas de agotamiento de los recursos podrían evitarse por completo en una economía planificada mediante una modelización económica y matemática precisa y un enfoque científico para equilibrar el impacto medioambiental de los TPC (Burmatova, 1983: 16).

Burmatova abogó por el uso de "modelos económico-matemáticos orientados al equilibrio" (*balansovye ekonomiko-matematicheskie modeli*) para considerar el aspecto ecológico de la planificación del TPC. Aunque todavía era una joven académica, criticó tanto a Leontief como al estadounidense Walter Isard por no ser suficientemente exhaustivos: en su opinión, sus conceptos de planificación no tenían suficientemente en cuenta los procesos dinámicos inherentes a la aparición, crecimiento y obsolescencia de determinadas industrias, productos y plantas. De hecho, la propia noción de CPT como unidad de planificación integrada permitía el tipo de análisis global y dinámico que la mayoría de los modelos extranjeros echaban en falta:

Al mismo tiempo, una gran variedad de problemas... sólo pueden resolverse a nivel local o regional..... Precisamente el nivel local de análisis de la relación de los sistemas económicos y ecológicos da la oportunidad de estudiar y considerar más de cerca las especificidades de las plantas individuales, los recursos naturales y las condiciones de un territorio determinado desde el punto de vista de la conservación y la protección de la naturaleza. (Burmatova, 1983: 32)

Argumentó, a su vez, que un análisis multifacético de la planificación del TPC consideraría las particularidades locales como parte del sistema total de análisis. El resultado final sería un modelo de planificación emergente y dinámico que estaría optimizado y adaptado a cada escenario específico, y abierto a la inclusión de variables ambientales.

Esta investigación sobre la planificación ecológica sirvió para criticar la priorización de los imperativos económicos nacionales, y Burmatova admitió que "la limpieza del medio ambiente representa una especie de factor limitante del crecimiento económico" (Burmatova, 1983: 189). Las consideraciones medioambientales privilegiaban las necesidades locales por encima de las nacionales, anteponiendo la salud pública a las agendas de producción económica. Así, su visión exponía los límites de la planificación centralizada. Por un lado, una economía planificada de forma centralizada podía anticipar y prevenir los daños medioambientales causados por el auge industrial impulsado por los beneficios, el crecimiento incontrolado de la población, el agotamiento de los recursos y otros factores esbozados en el modelo de *los límites del crecimiento*. Por otro lado, sus objetivos regionales

estaban en deuda con el aparato central y sus prioridades para optimizar el rendimiento económico de un sistema nacional de TPC.

Aunque el trabajo de Burmatova no expresaba explícitamente su adhesión a las ideas cibernéticas, se puede afirmar que la institucionalización de los enfoques sistémicos en los institutos de investigación de Novosibirsk tuvo un profundo impacto en las ideas de modelización de su trabajo. El tipo de cálculos que propugnaba su investigación sólo era posible cuando se recibía información continuamente actualizada sobre el estado del medio ambiente en una zona determinada. El sistema actual de información sobre las actividades de protección del medio ambiente es inadecuado, y no hay suficientes estudios sobre numerosos tipos de objetos de conservación" (Burmatova, 1983: 218). Burmatova, que reclamaba más investigación, sostenía que este tipo de análisis matemáticos sólo daría resultados positivos si se adquiría más información y se incorporaba al sistema de planificación del TPC. En última instancia, los problemas de la degradación medioambiental se resolverían mediante un mecanismo que re-evaluara continuamente los objetivos de la optimización del CTP con respecto a su impacto medioambiental, lo que equilibraría los costes de producción con los costes para el medio ambiente. Basándose en el compromiso actual del IEOIP con la cibernética económica para la optimización del TPC, Burmatova creía que la respuesta al agotamiento de los recursos estaba en un sistema de retroalimentación informativa continua, realizada en tiempo real, en el mundo futuro de una economía de mando totalmente informatizada.

Conclusión: Planificar un futuro cibernético

Un libro de texto soviético tardío sobre planificación económica captó el reto de la economía planificada de la siguiente manera: cuando se aborda de forma amplia, el problema de la organización territorial de la producción, además de los aspectos económicos y sociales, también afecta a cuestiones técnicas, ecológicas, de planificación, arquitectónicas y otras" (Kistanov, 1981: 5-6). Por esta razón, argumentaba, el problema de la organización territorial era siempre a priori macro-económico; la optimización de toda la economía soviética, a su vez, era un reto cibernético para cumplir los objetivos de desarrollo macro-económico. La optimización del TPC lidiaba continuamente con una serie de retos e imperativos locales y nacionales, trabajando hacia un sistema que fuera capaz de optimizar cualquier configuración de factores en un momento dado. Así, la unión de la cibernética económica y la geografía económica fue clave para mantener este tipo de sistema nacional solvente, pero localmente alterable. A diferencia de algunas de las publicaciones anteriores sobre cibernética para el socialismo, motivadas por la ideología, la planificación del TPC no defendía una teleología específica, ni planteaba ideales eternos, ni reivindicaba métodos científicos definitivos. Por el contrario, se anticipaba a las modificaciones, a una serie de factores económicos, sociales y ecológicos cambiantes, y buscaba un alto grado de autonomía administrativa de los ministerios nacionales, los consejos y los órganos de planificación central. Al no estar orientados a un objetivo final único, optimizado y perfeccionado, los modelos de optimización del TPC eran sistemas de análisis continuo de entradas y salidas, que se reconfigurarían en función de la nueva información e investigación. Con el tiempo, estos sistemas también aprenderían, evaluando los nuevos insumos en función del conjunto estadístico más amplio de la información recibida en el pasado.

Los trabajos sobre modelización matemática y optimización de sistemas que salieron de la Academia de Ciencias apuntan a la existencia de una importante internalización soviética tardía de las ideas cibernéticas en la economía soviética. Estos trabajos no sólo coincidían con los programas de investigación del CEMI y otros institutos con sede en Moscú, sino que también pretendían integrar una agenda cibernética en el núcleo de la planificación regional soviética. También señala un cuerpo de



operaciones cibernéticas más emergente, que no sólo mejora nuestra comprensión de los sistemas dinámicos dentro de la planificación soviética tardía, sino que también señala la forma en que los investigadores soviéticos trataron de integrar el concepto de entropía en la planificación central a través de la modelización matemática dinámica.

Para concluir, me gustaría volver a la conceptualización de Nikolai Veduta de la economía planificada cibernética como un conjunto masivo y dirigible compuesto de partes móviles dinámicas. El trabajo del IEOIP llevó ese desafío a otro nivel, presentando cálculos para una visión total de la economía soviética representada en términos espaciales. Las fábricas, los ferrocarriles, las presas, los asentamientos y todo el complejo de producción de los vastos territorios siberianos tenían que estar "conectados" al paisaje y, a diferencia de los conceptos económicos abstractos, el entorno construido no era fácilmente alterable una vez que esos elementos estaban en su sitio. En este sentido, proyectos como el OGAS pasaron a un segundo plano frente a las tareas reales de informatización dentro de cada industria, región o complejo fabril, que simplemente no podían esperar a que surgiera una red centralizada. Crítico con la cibernética económica soviética, excesivamente determinista y centralizadora, Veduta se centró en el acoplamiento flexible, argumentando que los sistemas poco acoplados eran mucho más deseables que los sistemas de retroalimentación estrechamente acoplados que suelen codiciar los cibernautas. Escribió que si, en un sistema fuertemente acoplado, el resultado no era deseable, el sistema sería mucho más difícil de cambiar que si había un acoplamiento suficientemente flojo para permitir la intervención. Así, al construir un sistema informático para dirigir la economía soviética, insistió en que la red estuviera poco acoplada, localizada y distribuida. La práctica", escribió, "siempre deja espacio para la *incertidumbre* [sic] en el resultado de cualquier experimento" (Veduta, 1971: 58). Para Veduta, que trabajaba en la Academia de Ciencias de Minsk, así como para los investigadores del IEOIP de Siberia, la optimización de la economía soviética implicaba la aparición de complejos sistemas industriales que, aunque informatizados, conservarían un gran grado de autonomía. En pocas palabras, la planificación del TPC soviético debía establecer las leyes generales de la economía de mando cibernética del futuro, en la que la entropía era una característica positiva que permitía una gobernanza superior y localizada.

Referencias

Aganbegian, A. (1998) 'Sibirskij vzryv' [The Siberian Explosion], *Nauka v Sibiri* [Science in Siberia] 47-8(2183-4): 4, available at <http://www.nsc.ru/HBC/article.phtml?nid%4198&id%46>.

Bandman, M. K., ed. (1985) *Regional Development in the USSR: Modeling the Formation of Soviet Territorial-Production Complexes*, trans. F. E. Ian Hamilton and B. P. Kuttyrev. Oxford: Pergamon.

Burmatova, O. P. (1983) *Optimizatsiia prostranstvennoi struktury TPK: ekologicheskii aspect* [Optimization of the Spatial Structure of TPC: The Ecological Aspect], ed. M. K. Bandman. Novosibirsk: Nauka. West 49.

Christaller, W. (1966) *Central Place Theory in Southern Germany*, trans. C. W. Baskin. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hill.

Communist Party of the Soviet Union (1981) *Materialy XXVI s'ezda KPSS* [Materials of the 26th Congress of the CPSU]. Moscow: Izdatel'stvo politicheskoy literatury.



Gerovitch, S. (2004) *From Newspeak to Cyberspeak: A History of Soviet Cybernetics*. Cambridge, MA: MIT Press.

Gerovitch, S. (2008) 'InterNyet: Why the Soviet Union Did Not Build a Nationwide Computer Network', *History and Technology* 24(4): 335–50.

Holloway, D. (1976) 'The Political Uses of Scientific Models: The Cybernetic Model of Government in Soviet Social Science', in L. Collins (ed.) *The Use of Models in the Social Sciences*. London: Tavistock, pp. 110–29.

Ionova, V. D. and Malinovskaia, M. A. (1985) 'The Composition of Information', in M. Bandman (ed.) *Regional Development in the USSR: Modeling the Formation of Soviet Territorial Production Complexes*. Oxford: Pergamon, pp. 41–63.

Josephson, P. R. (1992) 'Science and Technology as Panacea in Gorbachev's Russia', in J. P. Scanlan (ed.) *Technology, Culture, and Development: The Experience of the Soviet Model*. Armonk, NY: M. E. Sharpe, pp. 25–63.

Kantorovich, L. V. (1965) *Essays in Optimal Planning*. White Plains, NY: IASP. Kistanov, V. V. (1981) *Territorial'naia organizatsiia proizvodstva: otraslevoi, raionnyi i narodnokhoziaistvennyi aspekty* [Territorial Organization of Production: Branch-Based, Regional, and Macroeconomic Aspects]. Moscow: Ekonomika. Kolosovskii, N. N. (1969[1929]) 'Ekonomicheskoe raionirovanie i planirovanie raionnykh kompleksov' [Economic Regionalism and the Planning of Regional Complexes], in *Teoriia ekonomicheskogo raionirovaniia* [Theory of Economic Regionalism]. Moscow: Mysl', pp. 184–208.

Leeds, A. E. (2016) 'Dreams in Cybernetic Fugue: Cold War Technoscience, the Intelligentsia, and the Birth of Soviet Mathematical Economics', *Historical Studies in the Natural Sciences* 46(5): 633–68.

Leontief, W. (1986[1951]) *Input-Output Economics*, 2nd ed. New York: Oxford University Press.

McCray, W. P. (2013) *The Visioneers: How a Group of Elite Scientists Pursued Space Colonies, Nanotechnologies, and a Limitless Future*. Princeton: Princeton University Press. Meadows, D. H.,

Meadows, D. L., Randers, J., and Behrens, W. W., III (1972) *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books.

Peters, B. (2016) *How Not to Network a Nation: The Uneasy History of the Soviet Internet*. Cambridge, MA: MIT Press.

Rindzevičiūtė, E. (2015a) 'The Future as an Intellectual Technology in the Soviet Union: From Centralised Planning to Reflexive Management', *Cahiers du monde russe* 56(1): 111–34.

Rindzevičiūtė, E. (2015b) 'Toward a Joint Future Beyond the Iron Curtain: East–West Connections in Global Modelling', in J. Andersson and E. Rindzevičiūtė (eds) *The Struggle for the Long-Term in Transnational Science and Politics: Forging the Future*. London: Routledge, pp. 115–43.

Rindzevičiūtė, E. (2016) 'A Struggle for the Soviet Future: The Birth of Scientific Forecasting in the Soviet Union', *Slavic Review* 75(1): 52–76. *History of the Human Sciences* 33(1)



Solov'iev, A. I. and Solov'ieva, M. G. (1978) *N. N. Baranskii i sovetskaia ekonomicheskaia geografia* [N. N. Baranskii and Soviet Economic Geography]. Moscow: Prosveshcheniie.

Tatarchenko, K. (2013) “‘A House With the Window to the West’: The Akademgorodok Computer Center (1958-1993)”, PhD thesis, Princeton University.

Tatarchenko, K. (2016) ‘Calculating a Showcase: Mikhail Lavrentiev, the Politics of Expertise, and the International Life of the Siberian Science-City’, *Historical Studies in the Natural Sciences* 46(5): 592–632.

Veduta, N. I. (1971) *Ekonomicheskaia kibernetika* [Economic Cybernetics]. Minsk: Nauka itekhnika.

Ward, C. J. (2009) *Brezhnev’s Folly: The Building of BAM and Late Soviet Socialism*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.

Weber, A. (1957[1909]) *Alfred Weber’s Theory of the Location of Industries*, trans. C. J. Friedrich. Chicago: University of Chicago Press.

Weiner, D. R. (1999) *A Little Corner of Freedom: Russian Nature Protection From Stalin to Gorbachev*. Berkeley: University of California Press.

Yurchak, A. (2006) *Everything Was Forever, Until It Was No More: The Last Soviet Generation*. Princeton: Princeton University Press.

Biografía del autor

Diana Kurkovsky West es doctora en historia y teoría de la arquitectura por la Universidad de Princeton y actualmente enseña historia de la tecnología en la Universidad de Auburn. Trabaja en la intersección de la historia, los estudios de ciencia y tecnología (CTS) y la planificación urbana, con especial atención a la informática, la planificación, la ingeniería y la innovación soviéticas.