

—¿Puede dar también el Cálculo de Probabilidades una dimensión a la filosofía del hombre?

Fréchet: Sí.

—Es decir, ¿puede ayudar a comprender mejor la vida del hombre?

Fréchet: Sí, porque nosotros no sabemos nada de manera absolutamente exacta. En la mayoría de los casos, a una pregunta precisa estamos obligados a contestar: es probable que... y esto, ya sea en forma vulgar, en el sentido vulgar que se aplica a la palabra "probable", o bien, de una manera más precisa como cuando se dice, por ejemplo: "hay una probabilidad de  $\frac{3}{4}$  para que tal cosa se realice". El Cálculo de Probabilidades puede así servir en las decisiones. El Cálculo de Probabilidades nació con el estudio de los juegos, de los juegos de naipes en particular. Luego fue siendo formulado a través de elementos que han producido cierto

número de propiedades. Hoy día ha entrado en casi todas las ciencias.

—Una de las interrogantes más angustiosas y tal vez más insolubles del hombre es si todo está determinado a priori o no. ¿Puede servir el Cálculo de Probabilidades al respecto para dar un paso adelante?

Fréchet: Se citan a menudo algunas célebres frases del gran matemático Laplace, que parecen significar que todo está determinado a priori. En verdad, Laplace quería decir algo diverso, esto es, que todo estaría determinado a priori si se conocieran todos los datos iniciales. Pero, dado que no conocemos estos datos iniciales, no nos queda sino servirnos del Cálculo de Probabilidades. Es un arma nueva que nos ha dado la nueva matemática para ayudarnos a entender y a entendernos. A entender, quiero decir, con aproximaciones siempre más avanzadas. He ahí una empresa valerosa y nadie puede decir a dónde podrá llevarnos.

## ¿HOMBRES O AUTOMATAS EN EL ESPACIO?

por KARL STEINBUCH

Universidad Técnica de Karlsruhe

Es difícil decidir si conviene más enviar a su órbita las naves del espacio no tripuladas o con pilotos humanos. Influyen aquí puntos de vista contradictorios que deberán ser cuidadosamente sopesados. Entran en juego aspectos del prestigio político, del derecho, consideraciones militares y posibilidades técnicas y fisiológicas.

Plantaremos aquí sobre todo la cuestión de hasta qué punto pueden ser asumidas por autómatas las funciones inteligentes del ser humano.

Es improbable que el problema "hombre o autómatas en el espacio" sea definitivamente resuelto en un futuro próximo. La decisión correcta depende de diversos factores; en primer término del estado del avance técnico, de la meta, de la finalidad y la duración del vuelo espacial.

*Desventajas de la constitución humana*

En la evolución biológica la constitución fisiológica y psicológica del ser humano se ha adaptado a las condiciones vitales de la superficie terrestre. La temperatura, la presión atmosférica, la radiación, etc., que en la tierra se observan, constituyen el medio físico en que normalmente se mueve el hombre. El viaje por el espacio le somete a condiciones completamente distintas y la permanencia en este medio extraño puede acarrear trastornos de carácter transitorio o permanente.

El ser humano puede soportar aceleraciones hasta de 15 g (1 g equivale a aceleración sobre la base de la gravedad) verticalmente sobre su eje longitudinal durante varios minutos. Pero en la dirección de su eje longitudinal una aceleración de sólo 5 g puede provocar el desvanecimiento. En cambio, sistemas electrónicos de construcción adecuada pueden soportar aceleraciones de cientos, incluso de miles de g.

En el medio en que el ser humano se mueve la temperatura debe oscilar entre los 280° K y los 310° K, lo que corresponde a entre los 7 y los 37 grados centígrados. La tolerancia a la temperatura de los sistemas electrónicos depende de numerosas magnitudes, pero es, en todo caso, mucho mayor que la del ser humano. Claro que con vestimenta protectora y termostatos la latitud de la temperatura puede ser ampliada. Esto exige, sin embargo, el empleo de mecanismos técnicos que elevan el peso de arranque de la nave espacial.

En lo que se refiere a aceleración y temperatura, se observa, por lo tanto, una cierta inferioridad en el hombre. Inferior es también el hombre en lo que se refiere a tolerancia a la radiación. Los sistemas electrónicos pueden ser expuestos sin inconveniente a dosis de radiación muchas veces mayores que las que el ser humano puede tolerar.

Mas no sólo por estas insuficiencias es difícil construir naves espaciales para pilotos humanos. Mencionemos tan sólo cuán complicado es hacer posible la respiración del navegante, asegurar su alimentación, eliminar sus excrementos, mantener bajo control las consecuencias de la falta de gravedad para sus músculos y su circulación y cuidar finalmente de que no experimente un colapso psíquico durante su permanencia en el espacio.

Además de esto, los instrumentos de los sentidos del hombre reaccionan con menor sensibilidad para la percepción de vibraciones mecánicas o electromagnéticas. Con los correspondientes artilugios técnicos pueden registrarse señales muchos más débiles. Una aptitud de percepción comparable existe sólo en la relativamente pequeña esfera de frecuencia que el ojo y el oído humano pueden captar.

Las anteriores consideraciones demuestran que la humana constitución es de solo limitada aptitud para las finalidades del vuelo espacial. Si a pesar de ello siguen proyectándose naves espaciales para ser tripuladas, las numerosas desventajas de la constitución humana deberán ser compensadas por ventajas considerables. Están éstas representadas por las llamadas "funciones de la inteligencia", que deberán ser comparadas con las correspondientes funciones de los sistemas automáticos.

Se cree comúnmente que la inteligencia constituye un monopolio del ser humano. Esta presunción, no obstante, ha sido puesta en tela de juicio por perspicaces investigadores. El problema de la inteligencia mecánica fue vehementemente discutido a mediados del siglo, al cobrar auge, de inusitada rapidez, el perfeccionamiento de las calculadoras digitales. El matemático inglés A. M. Turing estudió a fondo el problema. Resultado esencial de sus investigaciones fue la demostración de que todo problema lógico que pueda resolver un ser humano puede ser resuelto también por un autómat. Con otras palabras: no existe ninguna función objetiva describible que pueda cumplir el ser humano y no pueda cumplir el autómat. El postulado de Turing sólo se refiere, ciertamente, a funciones objetivamente observables, no a la conciencia que sólo puede ser observada subjetivamente.

Debe concederse, además, que la conclusión de Turing tiene carácter más académico que práctico y que casi puede decirse que la excepción es más frecuente que la regla. Estas excepciones se refieren, sobre todo, al reconocimiento de los signos y a la abstracción. Mientras en el sistema nervioso humano los mismos componentes —los neurones— sirven para cumplir diversos cometidos, los autómatas de más moderna construcción constan de distintos componentes, especialmente direccionales, transistores, núcleos de ferrito, etc. El número de neurones del sistema nervioso humano es por lo menos 100.000 veces mayor que el número de componentes de un mecanismo automático típico. Si se establece la relación entre el número de neurones y el número de componentes de una calculadora, dos hechos deben considerarse: un neurón rinde estructuralmente mucho más que un típico componente electrónico. Pero el último habla por lo menos 1.000 veces más de prisa. Ciertamente parte de los neurones del tejido nervioso humano son realmente superfluos. Sirven, no obstante, para corregir las fallas de otros neurones. Sistemas electrónicos capaces de llegar hasta donde llega el sistema nervioso humano no existen todavía. Si se pudieran construir empleando los más modernos recursos, pesarían muchos cientos o miles de toneladas: serían demasiado pesados, por lo tanto, para la navegación del espacio. Esencial característica de todas las "funciones de la inteligencia" es el almacenamiento de datos. En el hombre se distinguen dos principios: el de la retención a corto plazo —en el cálculo mental, por ejemplo, para retener los resultados transitorios— y el de la retención a largo plazo, como en el aprendizaje de idiomas, en la escritura o las destrezas manuales. La re-

tención de noticias o informaciones en el sistema nervioso es el resultado de modificaciones en las sinapsis (nexos de contacto de dos neuronas). En los sistemas automáticos la retención de noticias se basa en la histéresis de materias ferromagnéticas, como hierro, níquel, etc. La capacidad de almacenaje es medida en la teoría de la información con la unidad Bit (abreviatura de "Binary digit", cifra binaria), que responde a una decisión sí/no. La capacidad de retención del sistema nervioso humano es mayor que la de todos los autómatas existentes y el lapso de disponibilidad de este humano silo de información es normalmente más breve que el de los dispositivos técnicos de almacenaje que se le pueden comparar.

El ser humano registra el mundo en torno por la mediación de un "receptor". Se encuentran estos receptores principalmente en la retina del ojo (unos 100 millones) y en la membrana basilar, componente de la espiral del oído (unos 10.000). Toda la superficie del cuerpo humano está provista de innumerables "receptores" para el tacto, la temperatura, el olfato, el gusto, etc.

El hombre "informa" sobre el medio que le rodea principalmente poniendo en acción sus "efectores", sus músculos, por ejemplo, y en parte también sus glándulas. Hablar, escribir, moverse, se deben, por ejemplo, a la actividad muscular. Los autómatas contruidos hasta hoy reciben su información del mundo en torno por intermediarios especiales como telegrafía, cartas perforadas y transformadores ad hoc. Sólo hace pocos años han empezado a perfeccionarse mecanismos aptos para reconocer letras escritas o impresas, incluso el lenguaje hablado. Estos trabajos demuestran que todos los sistemas técnicos de control hasta hoy conocidos evidencian clara inferioridad respecto de los sistemas de control del tejido nervioso humano.

Y sobre todo, en un punto esencial se diferencia el sistema nervioso del hombre de los autómatas: cuando por deterioro o enfermedad es incapaz de funcionamiento una parte del sistema nervioso humano pueden acudir otras partes y restablecer la función adecuadamente. En el estado actual del desarrollo técnico, en cambio, los sistemas electrónicos cometen errores en cuanto falla un solo elemento de control. En sistemas muy perfeccionados partes funcionales importantes son duplicadas con lo que se consigue por lo menos que se dé aviso de fallas interiores del mecanismo, incluso que éstas sean corregidas algunas veces. Para la técnica de la navegación del espacio es interesante que en fecha recientísima se hayan perfeccionado sistemas electrónicos de control que según su estructura materializan el principio de la autocorrección a semejanza del sistema nervioso humano.

El resultado de las pruebas con cartas perforadas da una idea de la seguridad del hombre y del autómata. Demuestra que el número de errores en el hombre asciende al 1% por término medio (para reducirle sería necesaria la comprobación auxi-

liar de otra persona). En el autómata la cuota de errores es varias décimas potencias más baja. Es evidente que la seguridad humana se ve restringida en el manejo de simples dispositivos manuales cuanto más agitada sea la situación del medio.

El resultado de estas consideraciones puede resumirse del siguiente modo: para los fines de la navegación del espacio los sistemas técnicos (autómatas) son superiores a los sistemas humanos en lo que se refiere a resistencia, aceleración, cambio de temperatura, radiación, etc. Tienen también la ventaja de ser más sensibles para percibir y registrar señales electromagnéticas o mecánicas. Son más dignos de confianza que el hombre y generalmente más rápidos. La integración de sistemas técnicos de control en un vehículo del espacio es "más armónica" que la de un ser humano con su "antitécnico" sistema de comunicación.

Por otra parte, es el hombre superior a los autómatas empleados hasta hoy en todas las funciones que dicen relación con la esfera de la inteligencia. Debe esencialmente esta superioridad al gran número de neuronas de que está provisto, que pesan poco y ocupan poco espacio. Entre las funciones de la inteligencia será siempre de especial importancia para la navegación del espacio el "reconocimiento de señales", de signos. El desarrollo de un "perceptor" técnico, es decir, de un sistema técnico de rendimiento parecido al sentido de la vista humano, será importante tarea para el futuro.

Según las anteriores consideraciones, la respuesta a la pregunta: "¿hombres o autómatas en el espacio?" podría ser de este tenor: de momento sólo podrán emplearse vehículos espaciales no tripulados para cometidos que exigen un bajo "grado de inteligencia", es decir, para la investigación de parámetros físicos, como la intensidad de la radiación, por ejemplo, o para fotografiar determinadas regiones. Para cometidos que exigen un más alto "grado de inteligencia" —instalar una estación espacial o reparar una nave del espacio averiada, por ejemplo— no se prestan todavía los autómatas.

En algunas décadas será posible confiar a sistemas técnicos esenciales funciones de la inteligencia necesarias para los vuelos del espacio. Teniendo en cuenta semejante finalidad, dos problemas son especialmente importantes: el desarrollo de sistemas técnicos de percepción —"perceptores"— así como sistemas electrónicos de menor volumen, menor peso y capacidad de autocorrección. Una vez resueltos estos problemas no habrá ya ningún argumento técnico que alegue en pro de tripular las naves del espacio con pilotos humanos.